



TUGAS AKHIR - SB141510

KONSORSIUM *Azotobacter* SEBAGAI AGEN *Composting* SAMPAH ORGANIK

**ROSIDAH KUMALASARI
NRP. 1512 100 024**

**Dosen Pembimbing
Dr. Enny Zulaika, MP.**

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SB141510

***Azotobacter* CONSORTIUM AS ORGANIC WASTE COMPOSTING AGENT**

ROSIDAH KUMALASARI
NRP. 1512 100 024

Advisor Lecturer:
Dr. Enny Zulaika, MP.

Biology Department
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

KONSORSIUM *Azotobacter* SEBAGAI AGEN *Composting* SAMPAH ORGANIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ROSIDAH KUMALASARI
NRP. 1512 100 024

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Enny Zulaika, MP (Pembimbing I)

Surabaya, 28 Juni 2016



Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M.Si
NIP. 19691121 199802 2 001

KONSORSIUM *Azotobacter* SEBAGAI AGEN *Composting* SAMPAH ORGANIK

Nama Mahasiswa : Rosidah Kumalasari
NRP : 1512 100 024
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Dr. Enny Zulaika, MP.

ABSTRAK

Kompos adalah salah satu pupuk organik yang dibuat dari degradasi bahan organik. Salah satu mikroorganisme yang berperan dalam degradasi senyawa organik adalah Azotobacter. Beberapa isolat Azotobacter yang diisolasi dari lahan Eco Urban Farming ITS mampu mendegradasi karbohidrat, lipid dan protein, namun potensi Azotobacter tersebut belum diujikan apakah dapat digunakan sebagai agen composting. Penelitian bertujuan untuk mengetahui apakah konsorsium Azotobacter dapat berperan sebagai agen composting.

Antar isolat A1b, A3, A6, A9 dan A10 diuji sinergisme pada media agar cawan, selanjutnya dibuat kurva pertumbuhan, penyiapan inokulan dan media kompos, pencampuran inokulan kompos, analisa maturasi kompos, perhitungan kepadatan sel, dan analisis nitrat, fosfat dan kalium tersedia.

Kompos terbentuk setelah 4 minggu inkubasi dengan tekstur remah, warna coklat kehitaman dan berbau tanah. Nutrien makro N, P, K pada kompos yang tertinggi adalah nitrat 6,0 %, fosfat terlarut 4,6 %, dan kalium 1,3 %.

Kata kunci: Azotobacter, bahan organik, composting, konsorsium.

Azotobacter CONSORTIUM AS ORGANIC WASTE COMPOSTING AGENT

Student Name : Rosidah Kumalasari
NRP : 1512 100 024
Department : Biology
Advisor Lecturer : Dr. Enny Zulaika, MP.

ABSTRACT

Compost is one of organic fertilizer that made from organic compound degradation. One of microorganism that has role in organic compound degradation is *Azotobacter*. Some of *Azotobacter* isolated from ITS Eco Urban Farming able to degrade carbohydrate, lipid, protein, however, those *Azotobacter* potency still studied in individual isolat. The purpose of this reseach is to know that *Azotobacter* whether consortiumed can take in role as organic waste composting agent.

This research carried out with consortium of *Azotobacter* synergism test in plate agar medium, made growth curve, preparing of compost inoculan and compost medium, analysis of compost ripeness, counting of cell density, and analysis of nitrate, phosphate and potassium.

Compost was forming after 4 weeks of incubation with crumb texture, blackish brown colour and soil smell. Macro nutrient N, P, K of compost which the highest is nitrate 6,0 %; 4,6 % phosphat; and 1,3 % potassium.

Key word: *Azotobacter*, composting, consortium, organic matter.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **Konsorsium *Azotobacter* Sebagai Agen *Composting* Sampah Organik**.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S1) pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penelitian ini merupakan bagian *roadmap* penelitian Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi yang dibiayai dengan dana penelitian BOPTN ITS dengan nomor kontrak 01711/IT2.11/PN.08/2016.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Dr. Enny Zulaika, MP sebagai dosen pembimbing, Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si, dan Ir. Sri Nurhati, MP sebagai dosen penguji. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan bantuan baik moril maupun materiil, Tim Riset Bioremediasi dan Biodegradasi yang saling membantu dan memotivasi, serta teman-teman angkatan 2012 Biologi ITS yang telah banyak memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat berarti bagi penulis untuk memperbaiki Tugas Akhir. Semoga Tugas Akhi ini bermanfaat untuk kemajuan ilmiah kedepan.

Surabaya, 28 Juni 2016

Rosidah Kumalasari

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL INDONESIA	i
HALAMAN JUDUL INGGRIS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kompos	5
2.2 Proses Pengomposan	5
2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan	6
2.3.1 Ukuran Bahan	6
2.3.2 Aerasi	6
2.3.3 Nutrien	6
2.3.4 Suhu	7
2.4 Agen <i>Composting</i>	8
2.5 <i>Azotobacter</i>	8
2.5.1 Karakteristik <i>Azotobacter</i>	8
2.5.2 Potensi <i>Azotobacter</i>	9
2.6 Konsorsium Mikroba	9

BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
3.2.1 Isolat yang Digunakan	11
3.2.2 Subkultur Isolat <i>Azotobacter</i>	11
3.2.3 Uji Sinergisme Konsorsium <i>Azotobacter</i>	11
3.2.4 Kurva Pertumbuhan Isolat dan Konsorsium	12
3.2.5 Starter Sebagai Inokulan Kompos	12
3.2.6 Pembuatan Media Kompos	13
3.2.7 Pencampuran Inokulan Kompos	13
3.2.8 Analisa Maturasi Kompos	14
3.2.9 Perhitungan Kepadatan Sel	14
3.2.10 Perhitungan Konsentrasi Nitrat Tersedia	15
3.2.11 Perhitungan Konsentrasi Fosfat Terlarut	16
3.2.12 Perhitungan Konsentrasi Kalium Tersedia	18
3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Sinergisme Antar Isolat <i>Azotobacter</i>	21
4.2 Pola Pertumbuhan Konsorsium <i>Azotobacter</i>	23
4.3 Proses Pengomposan	25
4.4 Kualitas Kompos	25
4.5 Konsentrasi Nitrat Tersedia	29
4.6 Konsentrasi Fosfat Terlarut	32
4.7 Konsentrasi Kalium Tersedia	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	47
BIODATA PENULIS	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Mikroorganisme yang Terlibat dalam Proses Pengomposan	8
Tabel 2.2 Karakter Isolat <i>Azotobacter</i> A1b, A3, A6, A9 dan A10	9
Tabel 4.1 Hasil Uji Sinergisme Konsorsium <i>Azotobacter</i>	21
Tabel 4.2 Kualitas Kompos	27
Tabel 4.3 Konsentrasi Nitrat Tersedia Selama Pengomposan	30
Tabel 4.4 Konsentrasi Fosfat Terlarut Selama Pengomposan	34
Tabel 4.5 Konsentrasi Kalium Tersedia Selama Pengomposan	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1	Skematis Kurva Standar Fosfat 9
Gambar 4.1	Hasil uji sinergisme antara isolat A6, A9 dan A10, (b) Hasil uji sinergisme antara isolat A3, A6, A9 dan A10, (c) Hasil uji sinergisme antara isolat A1b, A3, A6, A9 dan A10 22
Gambar 4.2	Kurva Pertumbuhan Isolat <i>Azotobacter</i> dan Konsorsium 24
Gambar 4.3	Warna Kompos (a) awal pengomposan, (b) akhir pengomposan 28
Gambar 4.4	Kurva Standar Nitrat 29
Gambar 4.5	Grafik Konsentrasi Nitrat Tersedia Selama Pengomposan 30
Gambar 4.6	Kurva Standar Fosfat 32
Gambar 4.7	Grafik Konsentrasi Fosfat Terlarut Selama Pengomposan 33
Gambar 4.8	Kurva Standar Kalium 35
Gambar 4.9	Grafik Konsentrasi Kalium Tersedia Selama Pengomposan 36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Skema Kerja Subkultur <i>Azotobacter</i> 47
Lampiran 2	Skema Kerja Uji Sinergisme Konsorsium <i>Azotobacter</i> 47
Lampiran 3	Skema Kerja Kurva Pertumbuhan Isolat <i>Azotobacter</i> dan Konsorsium 48
Lampiran 4	Skema Kerja Starter Sebagai Inokulan Kompos 49
Lampiran 5	Skema Kerja Pembuatan Media Kompos 50
Lampiran 6	Skema Kerja Pencampuran Inokulan Kompos 50
Lampiran 7	Skema Kerja Analisa Maturasi Kompos 51
Lampiran 8	Skema Kerja Perhitungan Kepadatan Sel 52
Lampiran 9	Skema Kerja Perhitungan Nitrat .. 53
Lampiran 10	Skema Kerja Perhitungan Fosfat .. 55
Lampiran 11	Skema Kerja Perhitungan Kalium 57
Lampiran 12	Nilai Absorbansi Kurva Pertumbuhan <i>Azotobacter</i> 59
Lampiran 13	Nilai Absorbansi Larutan Standar HNO_3^- 59
Lampiran 14	Nilai Absorbansi Larutan Standar $\text{H}_3(\text{PO}_4)$ 60
Lampiran 15	Nilai Absorbansi Larutan Standar K_2O 60
Lampiran 16	Hasil Pengukuran Konsentrasi Nitrat (NO_3^-), Fosfat (PO_4^{3-}), Kalium (K_2O) dan Kepadatan Sel pada Kompos 61

Lampiran 17	Tabel Standarsasi Kualitas Kompos	62
Lampiran 18	Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	63
Lampiran 19	Data Pengamatan Suhu Kompos	65
Lampiran 20	Pengamatan Warna Kompos	65
Lampiran 21	Hasil Uji Statistik Nitrat Tersedia....	68
Lampiran 22	Hasil Uji Statistik Fosfat Terlarut....	69
Lampiran 23	Hasil Uji Statistik Kalium Tersedia.	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan pupuk sintetik yang tidak bijaksana pada teknologi intensifikasi pertanian berdampak terhadap penurunan produktivitas lahan (Dachlan, *et al.*, 2012). Menurut Makarim dan Suhartatik (2006), untuk mengatasi penurunan produktivitas lahan, dapat dilakukan dengan mengurangi atau menghilangkan penggunaan pupuk sintetik dan mengganti dengan pupuk organik.

Pupuk organik merupakan produk hasil degradasi bahan organik oleh organisme. Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang banyak dikomersialkan (Simanungkalit *et al.*, 2006). Pengomposan merupakan proses penguraian bahan organik oleh organisme yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Pada proses pengomposan, oksigen dan senyawa yang mudah terdegradasi akan dimanfaatkan oleh agen *composting*, menyebabkan suhu dan pH media kompos akan meningkat (Isroi, 2008).

Agen *composting* di dalam media kompos menggunakan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah bahan terurai, suhu akan menurun dan terjadi pematangan kompos (Isroi, 2008). Mikroorganisme yang berperan dalam proses *composting* diantaranya dari kelompok fungi, *actinomicetes*, dan bakteri (Setyorini, *et al.*, 2006).

Salah satu bakteri yang berperan dalam degradasi senyawa organik adalah *Azotobacter*. Beberapa isolat *Azotobacter* yang diisolasi dari lahan *Eco Urban Farming ITS* mampu mendegradasi karbohidrat glukosa, manosa, fruktosa, maltosa, sukrosa dan xilosa (Zulaika *et al.*, 2014). Beberapa isolat *Azotobacter* tersebut juga mampu mendegradasi amilum, selulosa, lipid, kasein, gelatin dan lignin (Firdausi dan Zulaika, 2015). Isolat-isolat *Azotobacter* juga mampu melarutkan fosfat

(Islamiati & Zulaika, 2015) menggunakan enzim fosfatase (Elfiati, 2005).

Berdasarkan potensi tersebut, isolat-isolat *Azotobacter* diasumsikan dapat digunakan sebagai agen *composting*. Potensi *Azotobacter* di atas masih dalam keadaan tunggal, apakah jika dikonsorsiumkan, isolat tersebut mampu berperan sebagai agen *composting* sampah organik dan dapat mendegradasi bahan organik, menghasilkan fosfat terlarut, nitrat dan kalium yang lebih besar daripada isolat tunggal.

1.2 Rumusan Masalah

Konsorsium *Azotobacter* diharapkan mampu sebagai agen *composting* sampah organik. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah konsorsium *Azotobacter* mampu melakukan *composting* pada sampah organik?
2. Jika mampu melakukan *composting*, berapakah konsentrasi nitrat tersedia (NO_3^-), fosfat terlarut (PO_4^{3-}) dan kalium tersedia (K_2O) yang dihasilkan setelah proses *composting*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium
2. Isolat *Azotobacter* yang digunakan adalah A1b, A3, A6, A9, A10
3. Sampah organik yang digunakan adalah serasah daun di lingkungan kampus ITS.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan konsorsium *Azotobacter* yang dapat digunakan sebagai agen *composting* sampah organik

2. Mengetahui konsentrasi nitrat tersedia (NO_3^-), fosfat terlarut (PO_4^{3-}) dan kalium tersedia (K_2O) yang dihasilkan konsorsium *Azotobacter* setelah proses *composting*.

1.5 Manfaat

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan konsorsium *Azotobacter* mampu mendegradasi bahan organik, menghasilkan nitrat, fosfat terlarut dan kalium yang lebih besar daripada isolat tunggal sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen *composting*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompos

Kompos adalah salah satu pupuk organik yang dibuat dari proses pembusukan sisa-sisa bahan organik, baik tanaman maupun hewan (Habibi, 2009). Proses pengomposan (*composting*) adalah proses penguraian yang dilakukan oleh organisme terhadap bahan organik yang *biodegradable*. Pengomposan dapat dipercepat dengan mengatur faktor-faktor yang mempengaruhinya sehingga berada dalam kondisi yang optimum untuk proses pengomposan (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Teknologi pengomposan yang selama ini diterapkan manusia meniru proses terbentuknya humus oleh alam dengan bantuan mikroorganisme. Pada dasarnya, mikroorganisme ada dua jenis, yaitu mikroorganisme yang membutuhkan oksigen tinggi (aerob) dan mikroorganisme yang bekerja tanpa oksigen (anaerob). (Yuwono, 2005).

2.2 Proses Pengomposan

Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu akan meningkat dan diikuti dengan peningkatan pH (Isroi, 2008).

Pada saat suhu meningkat terjadi dekomposisi bahan organik yang sangat aktif. Mikroba di dalam kompos akan menggunakan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan dan akan terjadi pematangan kompos. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan, pengurangan dapat mencapai 30 – 40% dari volume/bobot awal bahan (Isroi, 2008).

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengomposan

2.3.1 Ukuran Bahan

Semakin kecil ukuran bahan, proses pengomposan akan lebih cepat dan lebih baik karena mikroorganisme lebih mudah beraktivitas pada bahan yang lebih kecil daripada bahan dengan ukuran yang lebih besar. Ukuran bahan pada pengomposan antara 1-7,5 cm. Sedangkan pada pengomposan anaerobik, bahan harus dihancurkan hingga berukuran sangat kecil. Hal ini untuk mempercepat proses penguraian oleh bakteri dan mempermudah pencampuran bahan (Yuwono, 2005).

2.3.2 Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembapan). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara ke dalam tumpukan kompos (Dewi & Treesnowati, 2012).

2.3.3 Nutrien

Nutrien dibutuhkan untuk aktivitas mikroba di dalam bahan organik, nutrien yang dibutuhkan meliputi karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium.

Karbon (C)

Karbon sangat dibutuhkan pada proses pengomposan karena berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme (Dachlan *et al.*, 2012). Sumber karbon dapat diperoleh dari karbohidrat seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, manosa dan selulosa (Harley & Presscot, 2002).

Nitrogen (N)

Kandungan nitrogen dalam kompos berasal dari bahan organik yang didegradasi oleh mikroorganisme, sehingga berlangsungnya proses degradasi (pengomposan) sangat mempengaruhi kandungan nitrogen dalam kompos (Yuli *et al.*, 2008)

Fosfor (P)

Nilai P total mengikuti nilai N total, dimana jika nitrogen tersedia dalam jumlah yang cukup dalam bahan organik awal, maka unsur hara lainnya termasuk P biasanya juga akan tersedia dalam jumlah cukup. Bahan organik segar biasanya terdapat dalam bentuk organik kompleks yang sulit dimanfaatkan langsung oleh tanaman untuk pertumbuhan, tetapi setelah proses pengomposan berlangsung aktivitas mikroorganisme akan mengubah fosfat yang terikat pada bahan organik menjadi bentuk fosfat terlarut (PO_4^{3-}) yang mudah diserap oleh tanaman (Syafudin & Zaman, 2007).

Kalium (K)

Kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan substrat sebagai katalisator, dengan kehadiran bakteri dan aktivitasnya akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium pada suatu media yang dikomposkan (Yuli *et al.*, 2008). Pada bahan organik segar nutrisi K biasanya terdapat dalam bentuk organik kompleks yang sulit dimanfaatkan langsung oleh tanaman untuk pertumbuhan. Tetapi setelah proses pengomposan, aktivitas mikroorganisme akan mengubah nutrisi K menjadi bentuk K_2O (K-tersedia) yang mudah diserap oleh tanaman (Syafudin & Zaman, 2007).

2.3.4 Suhu

Menurut Dewi & Treesnowati (2012), panas dihasilkan dari aktivitas mikroba, terdapat hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen, semakin tinggi

temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan proses dekomposisi juga semakin cepat. Temperatur berkisar antara 30–60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu akan berangsur-angsur turun setelah sebagian besar bahan organik terurai dan terjadi pematangan kompos (Isroi, 2008).

2.4 Agen Composting

Proses perombakan bahan organik melibatkan aktivitas mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Mikroorganisme yang Terlibat dalam Proses Pengomposan

Mikroorganisme	Kelompok	Jumlah/gr kompos
Mikroflora	Bakteri	10^9 , 10^5 - 10^8
Mikrofauna	Protozoa	10^4 - 10^5
Makroflora	Fungi	
Makrofauna	Cacing tanah, rayap	

(Dewi & Treesnowati, 2012)

2.5 *Azotobacter*

2.5.1 Karakteristik *Azotobacter*

Menurut Holt *et al.*, (1994), *Azotobacter* merupakan bakteri Gram negatif, memiliki flagella peritrik. *Azotobacter* bersifat pleomorfi, yaitu selnya dapat berbentuk kokus sampai batang. Selnya terdapat individu berpasangan atau mengelompok dengan bentuk tidak beraturan dan kadang-kadang membentuk rantai dengan panjang bervariasi. Bakteri ini termasuk dalam kemoorganotrop yang menggunakan karbon dari gula, alkohol atau garam dari asam organik untuk tumbuh. Bersifat aerob tetapi juga mampu tumbuh pada kondisi sedikit oksigen. Suhu optimum pertumbuhannya adalah 20-30°C, kisaran pH untuk pertumbuhannya 4,8-8,5 dan optimum 7,0 – 7,5. Banyak ditemukan di tanah dan beberapa di air. *Azotobacter* memiliki ciri koloni yang berair (*slimy*), berkilau (*glistening*), berwarna keputih-putihan, elevasi *convex*.

Klasifikasi *Azotobacter* menurut Brenner *et al.*, (2005) sebagai berikut:

Domain : Bacteria
 Phylum : Proteobacteria
 Classis : Gammaproteobacteria
 Ordo : *Pseudomonadales*
 Familia : *Pseudomonadaceae*
 Genus : *Azotobacter*

Karakter isolat *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9 dan A10 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakter Isolat *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9 dan A10

No.	Karakter	A1b	A3	A6	A9	A10
1.	Sel ovoid	+	+	+	+	+
2.	Gram	-	-	-	-	-
3.	Aerob	+	+	+	+	+
4.	Oksidase	-	-	-	-	-
5.	Katalase	+	+	+	+	+
6.	Kista	+	+	+	+	+
7.	Potensi degradasi:					
	a. Glukosa	+	+	+	+	+
	b. Fruktosa	+	+	+	+	+
	c. Sukrosa	+	+	+	+	+
	d. Maltosa	+	+	-	+	+
	e. Galaktosa	-	-	+	-	+
	f. Selulosa	+	+	+	+	+
	g. Lignin	-	+	+	+	+
	h. Kaasein	+	+	+	+	+
	i. Gelatin	-	+	+	+	+

(Zulaika *et al.*, 2014; Firdausi & Zulaika, 2015)

2.5.2 Potensi *Azotobacter*

Azotobacter dapat menghasilkan enzim katalase untuk mengkatalisis hidrogen peroksida yang dihasilkan pada proses metabolisme (Holt *et al.*, 1994). *Azotobacter* juga dapat

digunakan untuk memproduksi kompos, berkaitan dengan kemampuannya memfiksasi nitrogen dan melarutkan fosfat (Gomare *et al.*, 2013).

Beberapa isolat *Azotobacter* yang diisolasi dari lahan *Eco Urban Farming* ITS mampu mendegradasi karbohidrat (amilum dan selulosa), lignin, lipid dan sebagian protein (Firdausi & Zulaika, 2015) serta mampu melarutkan fosfat (Islamiati & Zulaika, 2015).

2.6 Konsorsium Mikroba

Konsorsium mikroba merupakan hasil dari interaksi interseluler, koordinasi, dan komunikasi antar bakteri yang berbeda. Konsorsium terdiri atas campuran populasi mikroba dalam bentuk komunitas kooperatif, komensal dan mutualistik. Penggunaan konsorsium mikroba yang berperan sebagai pupuk hayati dapat meningkatkan hasil degradasi jika dibandingkan secara tunggal. Penggabungan antara *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas fluorescence* dan *Azotobacter chroococcum* dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai lebih baik daripada aplikasi mikroba secara tunggal (Sateesh & Sivasakthivelan, 2013).

Hubungan antar bakteri dengan interaksi sinergisme keberadaan substrat mencukupi tidak akan saling mengganggu dan dapat saling bersinergi sehingga menghasilkan efisiensi perombakan yang lebih tinggi (Nethravathi dan Brahmaprakash, 2005).

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Mei 2016 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Isolat yang digunakan

Isolat *Azotobacter* yang digunakan adalah isolat A1b, A3, A6, A9, dan A10, yang sudah menjadi koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi ITS (Zulaika *et al.*, 2014).

3.2.2 Subkultur Isolat *Azotobacter*

Masing-masing isolat *Azotobacter* diinokulasikan secara aseptis pada media *Nutrient Agar* (NA) miring dengan cara *streak continue* (Harley & Prescott, 2002). Kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Keberhasilan subkultur ditandai dengan koloni yang tumbuh.

3.2.3 Uji Sinergisme Konsorsium *Azotobacter*

Salah satu isolat *Azotobacter* diinokulasikan dalam medium cawan agar dengan metode gores. Isolat lainnya diinokulasikan masing-masing satu ose dengan metode gores dan saling bersinggungan. Selanjutnya medium diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam, diamati ada tidaknya zona bening. Jika tidak terbentuk zona bening, maka isolat bersifat sinergis dan dapat digunakan untuk inokulum.

3.2.4 Kurva Pertumbuhan Isolat *Azotobacter* dan Konsorsium

Pembuatan kurva pertumbuhan bertujuan untuk membandingkan pola pertumbuhan isolat secara individu dan secara konsorsium.

Masing-masing isolat *Azotobacter* dari subkultur diinokulasikan satu ose ke dalam medium *Nutrient Broth* 40 ml. Selanjutnya medium diinkubasi dengan *rotary shaker* pada suhu ruang selama 24 jam.

Masing-masing kultur dari isolat tunggal diambil 20 ml, kemudian masing-masing ditambahkan 180 ml NB, diinkubasi pada suhu ruang di *rotary shacker* selama 24 jam. Sedangkan untuk kultur konsorsium, masing-masing kultur diambil 20 ml, semua kultur dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambah 900 ml NB, selajutnya dihomogenkan, kultur diinkubasi pada suhu ruang di *rotary shacker* selama 24 jam. Tiap kultur (tunggal dan konsorsium) diambil 2 ml, dimasukkan kuvet dan dihitung nilai OD (*Optical density*) menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm setiap 2 jam sekali selama 24 jam. Kurva pertumbuhan dibuat dengan nilai OD sebagai sumbu Y dan waktu inkubasi sebagai sumbu X.

3.2.5 Starter Sebagai Inokulan Kompos

Pembuatan starter bertujuan untuk adaptasi dan perbanyakkan sel *Azotobacter* untuk media kompos. Kultur masing-masing isolat *Azotobacter* umur 18 jam diinokulasikan secara aseptis sebanyak satu ose ke dalam 20 ml NB, diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam diatas *rotary shacker*, kultur tersebut disebut starter 1. Masing-masing starter 1 (20 ml) selanjutnya dimasukkan ke dalam 80 ml NB yang disebut dengan starter 2. Diinkubasi diatas *rotary shacker* selama 3 x 24 jam atau sampai kepadatan sel mencapai 10^8 - 10^9 sel/ml (Gomare *et al.*, 2013). Kepadatan sel dihitung menggunakan *Haemocytometer Improve Neubauer* (Addis *et al.*, 2001) dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\Sigma \text{ sel/ ml} = \frac{N \times \text{Pengenceran}}{\frac{1}{400} \text{ mm}^2 \times 80 \times 0,1 \text{ mm}} \times \frac{1000 \text{ mm}^2}{1 \text{ ml}}$$

Keterangan :

N	= jumlah sel yang dihitung
Pengenceran	= pengenceran yang dilakukan
1/400	= luas kotak kecil
80	= Σ kotak kecil
1/10	= tinggi <i>Haemocytometer</i>
1000 $\frac{\text{mm}^2}{1 \text{ ml}}$	= bentuk konversi ke satuan ml

Setelah mencapai kepadatan 10^8 - 10^9 sel/ml, masing-masing kultur isolat *Azotobacter* 5x (100 ml) dicampur menjadi satu (konsorsium) sehingga volumenya menjadi 500 ml sebagai inokulan untuk kompos.

3.2.6 Pembuatan Media Kompos

Media kompos yang digunakan adalah serasah daun di kampus ITS Surabaya. Serasah daun dicuci dengan air, dikering anginkan kemudian dipotong-potong ± 1 cm. Potongan serasah daun ditimbang masing-masing 200 gram untuk 8 perlakuan. Potongan serasah daun disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1,5 atm selama ± 15 menit. Media disimpan dalam wadah plastik, selanjutnya media kompos siap digunakan.

3.2.7 Pencampuran Inokulan Kompos

Media kompos dimasukan pada 8 wadah plastik masing-masing sebanyak 200 gram, setiap wadah ditambahkan 2 gram glukosa yang telah dilarutkan dalam 10 ml akuades steril. Masing-masing media kompos ditambahkan dengan inokulan konsorsium *Azotobacter* 1% (2 ml), 5% (10 ml) dan 10% (20 ml) dan dua wadah yang berisi media kompos sebagai kontrol (tanpa inokulan). Masing-masing media ditambahkan akuades supaya semua perlakuan memiliki kelembaban awal yang sama $\pm (100$

ml). Sebanyak 88 ml akuades ditambahkan untuk media 1 (media dengan inokulan 1%), 80 ml akuades untuk media 2 (media dengan inokulan 5%), 70 ml akuades untuk media 3 (media dengan inokulan 10%) dan 90 ml akuades untuk media 4 (media kontrol). Media kompos dan inokulan dicampurkan secara manual hingga rata dan ditutup dengan karung goni.

3.2.8 Analisa Maturasi Kompos

Visualisasi maturasi kompos dilakukan berdasarkan indikasi yang terlihat dari kualitas biologi (kepadatan sel), kualitas fisik yang meliputi bau, warna, tekstur dan suhu (Djuarnani, 2005), serta kualitas nutrien yang meliputi nitrat tersedia (NO_3^-), fosfat terlarut (PO_4^{3-}) dan kalium (K_2O) dengan waktu inkubasi 1, 2, 3 minggu dan seterusnya sampai kompos matang.

Pengamatan bau, warna, tekstur dan suhu dilakukan setiap hari dan dilakukan pengadukan untuk aerasi jika diperlukan. Suhu kompos diukur setiap hari menggunakan termometer (Siboro *et al.*, 2013). Pengukuran kepadatan sel, konsentrasi nitrat, fosfat terlarut dan kalium dilakukan setiap 1 minggu sekali selama 9 minggu. Kompos diasumsikan telah matang saat berbau tanah, warna kehitaman, tekstur remah dan suhu mengalami penurunan (dingin) (SNI 19-7030-2004).

3.2.9 Perhitungan Kepadatan Sel

Kepadatan sel pada media kompos dihitung menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Kepadatan sel dihitung dalam media cawan *Azotobacter Agar* (AA). *Azotobacter Agar* dibuat dengan melarutkan 4,96 g AA dalam 120 ml akuades. Selanjutnya media diautoklaf dengan suhu 121°C tekanan 1,5 atm selama 15 menit. Medium dituang dalam delapan cawan petri secara aseptis.

Masing-masing kompos pada setiap perlakuan diambil sebanyak 1 g, diencerkan dengan 9 ml akuades, dihomogenkan kemudian dilakukan pengenceran bertingkat sampai 10^{-3} , diambil 100 μL dan diinokulasikan ke dalam media cawan *Azotobacter Agar*, inokulan diratakan dengan *Drygalski* (metode sebar)

kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 18 jam. Masing-masing kepadatan sel dihitung dengan metode CFU. Perhitungan kepadatan sel dilakukan setiap 1 minggu selama ± 9 minggu.

3.2.10 Perhitungan Konsentrasi Nitrat Tersedia (NO_3^-)

Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

Larutan standar nitrat digunakan untuk membuat kurva standar nitrat. Larutan stok HNO_3 dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1 mg HNO_3 kristal kemudian dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga didapatkan larutan stok dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan stok 10 ppm diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi 0; 0,25; 0,5; 0,75, 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2 ppm NO_3^- sampai volume masing-masing konsentrasi 5 ml.

Pembuatan kurva standar nitrat: sebanyak 1 ml larutan stok HNO_3 dari masing-masing konsentrasi dan blanko (akuades) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30% (w/v) dan 1 ml larutan H_2SO_4 , dihomogenkan dan didinginkan. Kemudian, ditambahkan 50 μL larutan *Brusin Asam Sulfanilat*, dihomogenkan dan dipanaskan diatas penangas air pada suhu $\leq 90^\circ\text{C}$ selama 20 menit, didinginkan. Larutan yang sudah dingin diambil ± 2 ml, dimasukkan kuvet, dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar nitrat. Sumbu X menyatakan konsentrasi nitrat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$ (SNI 06-2480-1991).

Perhitungan Konsentrasi Nitrat Tersedia (NO_3^-)

Perhitungan konsentrasi nitrat tersedia dengan menggunakan metode *Brucin Sulfat* menurut SNI 06-2480-1991. Sebanyak 1 gram kompos dari masing-masing perlakuan

dilarutkan dalam 9 ml akuades steril, dihomogenkan. Selanjutnya masing-masing larutan diambil sebanyak 1 ml, ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30% (w/v) dan 1 ml larutan H₂SO₄, diaduk dan dibiarkan dingin. Kemudian ditambahkan 50 µL larutan *Brucin Asam Sulfanilat*, dihomogenkan dan dipanaskan di atas penangas air pada suhu tidak lebih dari 90°C selama 20 menit, kemudian didinginkan. Larutan yang sudah dingin diambil ± 2 ml, dimasukkan kuvet, dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm. Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Hasil perhitungan dimasukkan ke dalam persamaan $y = ax + b$ yang sudah didapatkan di atas. Apabila ada pengenceran maka dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N = C \times Fp$$

Keterangan :

N = Konsentrasi NO₃ (ppm)

C = Konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran (ppm)

Fp = Faktor pengenceran

(SNI 06-2480-1991)

3.2.11 Perhitungan Konsentrasi Fosfat Terlarut (PO₄³⁻)

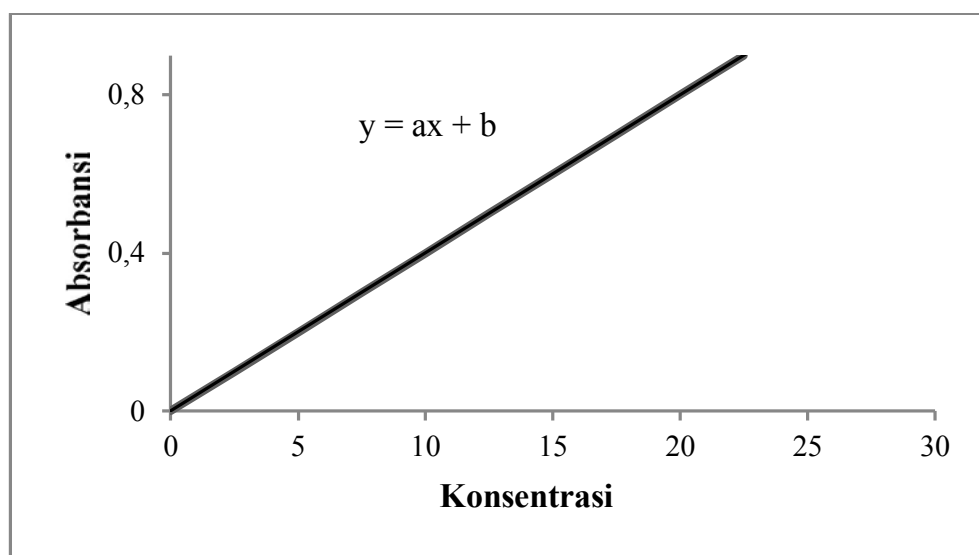
Pereaksi Fosfat Pekat dan Pewarna Fosfat Pekat

Pereaksi fosfat pekat dibuat dengan cara melarutkan 1,2 gram *Ammonium molibdat* [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O] dalam 50 ml akuades pada labu ukur volume 100 ml kemudian ditambahkan 0,0277 gram *Kalium antimonil tartrat* K(SbO)C₄H₄O₆·0,5H₂O], dihomogenkan, ditambahkan akuades sampai volume menjadi 100 ml, dan dihomogenkan kembali.

Pembuatan pewarna fosfat pekat dengan melarutkan 0,106 gram asam askorbat ke dalam 10 ml pereaksi fosfat pekat. Pereaksi pewarna fosfat pekat harus dalam kondisi baru (Saraswati, *et al.*, 2007).

Pembuatan Larutan Standar Fosfat dan Kurva Standar

Larutan standar fosfat digunakan untuk membuat kurva standar fosfat. Larutan stok H_3PO_4 dibuat dengan cara menimbang sebanyak 10 mg H_3PO_4 kristal dan dilarutkan dalam 100 ml akuades sehingga didapatkan larutan standar dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan standar 100 ppm diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25 ppm PO_4^{3-} sampai volume masing-masing konsentrasi adalah 2 ml. Masing-masing larutan standar ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna P pekat dan dihomogenkan, didiamkan 30 menit. Setiap konsentrasi larutan standar fosfat diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm (Saraswati, *et al.*, 2007). Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar fosfat. Sumbu X menyatakan konsentrasi P dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$. Skematis grafik ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skematis kurva standart fosfat

Perlakuan untuk Pelarutan Fosfat

Kompos diambil sebanyak 1 gram dan dilarutkan dengan 9 ml akuades, disaring dengan kertas Whatman. Larutan diambil

1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml medium Pikovskaya cair. Medium diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang di *rotary shaker* dengan kecepatan 100 rpm (Saraswati *et al.*, 2007). Konsentrasi fosfat yang terlarut dalam medium dihitung secara periodik setiap 1 minggu selama 9 minggu.

Perhitungan Konsentrasi Fosfat Terlarut

Masing-masing larutan kompos di dalam medium Pikovskaya diambil 10 ml, disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Supernatan hasil sentrifugasi dipipet sebanyak 2 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Sebanyak 0,2 ml pereaksi pewarna fosfat pekat ditambahkan ke dalam supernatan, dihomogenkan dan didiamkan selama 30 menit. Absorbansi supernatan dilihat dengan Spektrofotometer panjang gelombang 690 nm. Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Kontrol didapat dari 2 ml akuades yang ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna P pekat (Saraswati, *et al.*, 2007). Konsentrasi fosfat terlarut dalam supernatan dihitung menggunakan persamaan yang telah didapat dari kurva standar fosfat yaitu :

$$y = ax + b$$

Keterangan :

y = Nilai absorbansi

a = Konstanta

b = Koefisien

x = Nilai konsentrasi fosfat terlarut

3.2.12 Perhitungan Konsentrasi Kalium Tersedia (K₂O)

Pembuatan Larutan Supresor Kalium

Larutan supresor kalium dibuat dengan cara menimbang 1,25 gram CaCO₃ dalam gelas beker, ditetesi dengan akuades kemudian dilarutkan pelan-pelan dengan 10,5 mL HCl,

dididihkan dan didinginkan selanjutnya diencerkan dengan akuades sampai dengan 100 ml (SNI-2803-2010).

Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

Larutan standar kalium digunakan untuk membuat kurva standar kalium. Larutan stok KCl dibuat dengan menimbang 1 mg KCl dan dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga didapatkan larutan stok dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan stok 10 ppm diencerkan dengan akuades dan dibuat dengan konsentrasi 0; 0,5; 1; 2, 4; 8 ppm KCl dengan volume 1 ml. Masing-masing larutan standar ditambahkan 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml akuades, dipanaskan selama 5 menit sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan. Larutan diencerkan dengan akuades sampai mencapai volume 10 ml, disaring dengan kertas Whatman. Larutan dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 5 ml, ditambahkan 1 ml larutan supresor kalium, kemudian diambil 2 ml dimasukkan ke dalam kuvet, diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 766,5 nm (SNI-2803-2010). Hasil pengukuran absorbansi larutan standart kemudian dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar kalium. Sumbu X menyatakan konsentrasi fosfat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$.

Perhitungan Konsentrasi Kalium Tersedia

Masing-masing perlakuan kompos ditimbang sebanyak 1 gram ditambah 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml akuades, dipanaskan selama 5 menit sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan. Larutan diencerkan dengan akuades sampai mencapai volume 10 ml, disaring dengan kertas Whatman. Larutan dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 1 ml larutan supresor kalium, kemudian diambil 2 ml dimasukkan kedalam kuvet, diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 766,5 nm (SNI-2803-

2010). Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Hasil perhitungan dimasukkan ke dalam persamaan $y = ax + b$ yang sudah didapatkan di atas.

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Pengambilan data secara deskriptif digunakan untuk mengetahui sifat sinergisme antar isolat, kematangan kompos dengan parameter fisik yang meliputi bau, warna, dan tekstur.

Data secara deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengetahui pola pertumbuhan isolat tunggal dan konsorsium *Azotobacter*, suhu, kepadatan sel, konsentrasi nitrat tersedia, fosfat terlarut dan kalium tersedia.

Analisis Anova Two-way dengan taraf kepercayaan 95% digunakan untuk mengetahui signifikansi penambahan inokulan terhadap konsentrasi nitrat tersedia, fosfat terlarut dan kalium tersedia dalam kompos. Apabila nilai signifikansi $< 0,05$, maka dilanjutkan dengan uji Tukey.

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Mei 2016 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Isolat yang digunakan

Isolat *Azotobacter* yang digunakan adalah isolat A1b, A3, A6, A9, dan A10, yang sudah menjadi koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Biologi ITS (Zulaika *et al.*, 2014).

3.2.2 Subkultur Isolat *Azotobacter*

Masing-masing isolat *Azotobacter* diinokulasikan secara aseptis pada media *Nutrient Agar* (NA) miring dengan cara *streak continue* (Harley & Prescott, 2002). Kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Keberhasilan subkultur ditandai dengan koloni yang tumbuh.

3.2.3 Uji Sinergisme Konsorsium *Azotobacter*

Salah satu isolat *Azotobacter* diinokulasikan dalam medium cawan agar dengan metode gores. Isolat lainnya diinokulasikan masing-masing satu ose dengan metode gores dan saling bersinggungan. Selanjutnya medium diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam, diamati ada tidaknya zona bening. Jika tidak terbentuk zona bening, maka isolat bersifat sinergis dan dapat digunakan untuk inokulum.

3.2.4 Kurva Pertumbuhan Isolat *Azotobacter* dan Konsorsium

Pembuatan kurva pertumbuhan bertujuan untuk membandingkan pola pertumbuhan isolat secara individu dan secara konsorsium.

Masing-masing isolat *Azotobacter* dari subkultur diinokulasikan satu ose ke dalam medium *Nutrient Broth* 40 ml. Selanjutnya medium diinkubasi dengan *rotary shaker* pada suhu ruang selama 24 jam.

Masing-masing kultur dari isolat tunggal diambil 20 ml, kemudian masing-masing ditambahkan 180 ml NB, diinkubasi pada suhu ruang di *rotary shacker* selama 24 jam. Sedangkan untuk kultur konsorsium, masing-masing kultur diambil 20 ml, semua kultur dimasukan ke dalam Erlenmeyer dan ditambah 900 ml NB, selajutnya dihomogenkan, kultur diinkubasi pada suhu ruang di *rotary shacker* selama 24 jam. Tiap kultur (tunggal dan konsorsium) diambil 2 ml, dimasukan kuvet dan dihitung nilai OD (*Optical density*) menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm setiap 2 jam sekali selama 24 jam. Kurva pertumbuhan dibuat dengan nilai OD sebagai sumbu Y dan waktu inkubasi sebagai sumbu X.

3.2.5 Starter Sebagai Inokulan Kompos

Pembuatan starter bertujuan untuk adaptasi dan perbanyakkan sel *Azotobacter* untuk media kompos. Kultur masing-masing isolat *Azotobacter* umur 18 jam diinokulasikan secara aseptis sebanyak satu ose ke dalam 20 ml NB, diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam diatas *rotary shacker*, kultur tersebut disebut starter 1. Masing-masing starter 1 (20 ml) selanjutnya dimasukkan ke dalam 80 ml NB yang disebut dengan starter 2. Diinkubasi diatas *rotary shacker* selama 3 x 24 jam atau sampai kepadatan sel mencapai 10^8 - 10^9 sel/ml (Gomare *et al.*, 2013). Kepadatan sel dihitung menggunakan *Haemacytometer Improve Neubauer* (Addis *et al.*, 2001) dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\Sigma \text{ sel/ ml} = \frac{N \times \text{Pengenceran}}{\frac{1}{400} \text{ mm}^2 \times 80 \times 0,1 \text{ mm}} \times \frac{1000 \text{ mm}^2}{1 \text{ ml}}$$

Keterangan :

N	= jumlah sel yang dihitung
Pengenceran	= pengenceran yang dilakukan
1/400	= luas kotak kecil
80	= Σ kotak kecil
1/10	= tinggi <i>Haemocytometer</i>
1000 $\frac{\text{mm}^2}{1 \text{ ml}}$	= bentuk konversi ke satuan ml

Setelah mencapai kepadatan 10^8 - 10^9 sel/ml, masing-masing kultur isolat *Azotobacter* 5x (100 ml) dicampur menjadi satu (konsorsium) sehingga volumenya menjadi 500 ml sebagai inokulan untuk kompos.

3.2.6 Pembuatan Media Kompos

Media kompos yang digunakan adalah serasah daun di kampus ITS Surabaya. Serasah daun dicuci dengan air, dikering anginkan kemudian dipotong-potong ± 1 cm. Potongan serasah daun ditimbang masing-masing 200 gram untuk 8 perlakuan. Potongan serasah daun disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1,5 atm selama ± 15 menit. Media disimpan dalam wadah plastik, selanjutnya media kompos siap digunakan.

3.2.7 Pencampuran Inokulan Kompos

Media kompos dimasukan pada 8 wadah plastik masing-masing sebanyak 200 gram, setiap wadah ditambahkan 2 gram glukosa yang telah dilarutkan dalam 10 ml akuades steril. Masing-masing media kompos ditambahkan dengan inokulan konsorsium *Azotobacter* 1% (2 ml), 5% (10 ml) dan 10% (20 ml) dan dua wadah yang berisi media kompos sebagai kontrol (tanpa inokulan). Masing-masing media ditambahkan akuades supaya semua perlakuan memiliki kelembaban awal yang sama \pm (100

ml). Sebanyak 88 ml akuades ditambahkan untuk media 1 (media dengan inokulan 1%), 80 ml akuades untuk media 2 (media dengan inokulan 5%), 70 ml akuades untuk media 3 (media dengan inokulan 10%) dan 90 ml akuades untuk media 4 (media kontrol). Media kompos dan inokulan dicampurkan secara manual hingga rata dan ditutup dengan karung goni.

3.2.8 Analisa Maturasi Kompos

Visualisasi maturasi kompos dilakukan berdasarkan indikasi yang terlihat dari kualitas biologi (kepadatan sel), kualitas fisik yang meliputi bau, warna, tekstur dan suhu (Djuarnani, 2005), serta kualitas nutrien yang meliputi nitrat tersedia (NO_3^-), fosfat terlarut (PO_4^{3-}) dan kalium (K_2O) dengan waktu inkubasi 1, 2, 3 minggu dan seterusnya sampai kompos matang.

Pengamatan bau, warna, tekstur dan suhu dilakukan setiap hari dan dilakukan pengadukan untuk aerasi jika diperlukan. Suhu kompos diukur setiap hari menggunakan termometer (Siboro *et al.*, 2013). Pengukuran kepadatan sel, konsentrasi nitrat, fosfat terlarut dan kalium dilakukan setiap 1 minggu sekali selama 9 minggu. Kompos diasumsikan telah matang saat berbau tanah, warna kehitaman, tekstur remah dan suhu mengalami penurunan (dingin) (SNI 19-7030-2004).

3.2.9 Perhitungan Kepadatan Sel

Kepadatan sel pada media kompos dihitung menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Kepadatan sel dihitung dalam media cawan *Azotobacter Agar* (AA). *Azotobacter Agar* dibuat dengan melarutkan 4,96 g AA dalam 120 ml akuades. Selanjutnya media diautoklaf dengan suhu 121°C tekanan 1,5 atm selama 15 menit. Medium dituang dalam delapan cawan petri secara aseptis.

Masing-masing kompos pada setiap perlakuan diambil sebanyak 1 g, diencerkan dengan 9 ml akuades, dihomogenkan kemudian dilakukan pengenceran bertingkat sampai 10^{-3} , diambil 100 μL dan diinokulasikan ke dalam media cawan *Azotobacter Agar*, inokulan diratakan dengan *Drygalski* (metode sebar)

kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 18 jam. Masing-masing kepadatan sel dihitung dengan metode CFU. Perhitungan kepadatan sel dilakukan setiap 1 minggu selama ± 9 minggu.

3.2.10 Perhitungan Konsentrasi Nitrat Tersedia (NO_3^-)

Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

Larutan standar nitrat digunakan untuk membuat kurva standar nitrat. Larutan stok HNO_3 dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1 mg HNO_3 kristal kemudian dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga didapatkan larutan stok dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan stok 10 ppm diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi 0; 0,25; 0,5; 0,75, 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2 ppm NO_3^- sampai volume masing-masing konsentrasi 5 ml.

Pembuatan kurva standar nitrat: sebanyak 1 ml larutan stok HNO_3 dari masing-masing konsentrasi dan blanko (akuades) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30% (w/v) dan 1 ml larutan H_2SO_4 , dihomogenkan dan didinginkan. Kemudian, ditambahkan 50 μL larutan *Brusin Asam Sulfanilat*, dihomogenkan dan dipanaskan diatas penangas air pada suhu $\leq 90^\circ\text{C}$ selama 20 menit, didinginkan. Larutan yang sudah dingin diambil ± 2 ml, dimasukkan kuvet, dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar nitrat. Sumbu X menyatakan konsentrasi nitrat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$ (SNI 06-2480-1991).

Perhitungan Konsentrasi Nitrat Tersedia (NO_3^-)

Perhitungan konsentrasi nitrat tersedia dengan menggunakan metode *Brucin Sulfat* menurut SNI 06-2480-1991. Sebanyak 1 gram kompos dari masing-masing perlakuan

dilarutkan dalam 9 ml akuades steril, dihomogenkan. Selanjutnya masing-masing larutan diambil sebanyak 1 ml, ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30% (w/v) dan 1 ml larutan H₂SO₄, diaduk dan dibiarkan dingin. Kemudian ditambahkan 50 µL larutan *Brucin Asam Sulfanilat*, dihomogenkan dan dipanaskan di atas penangas air pada suhu tidak lebih dari 90°C selama 20 menit, kemudian didinginkan. Larutan yang sudah dingin diambil ± 2 ml, dimasukkan kuvet, dan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm. Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Hasil perhitungan dimasukkan ke dalam persamaan $y = ax + b$ yang sudah didapatkan di atas. Apabila ada pengenceran maka dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N = C \times Fp$$

Keterangan :

N = Konsentrasi NO₃ (ppm)

C = Konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran (ppm)

Fp = Faktor pengenceran

(SNI 06-2480-1991)

3.2.11 Perhitungan Konsentrasi Fosfat Terlarut (PO₄³⁻)

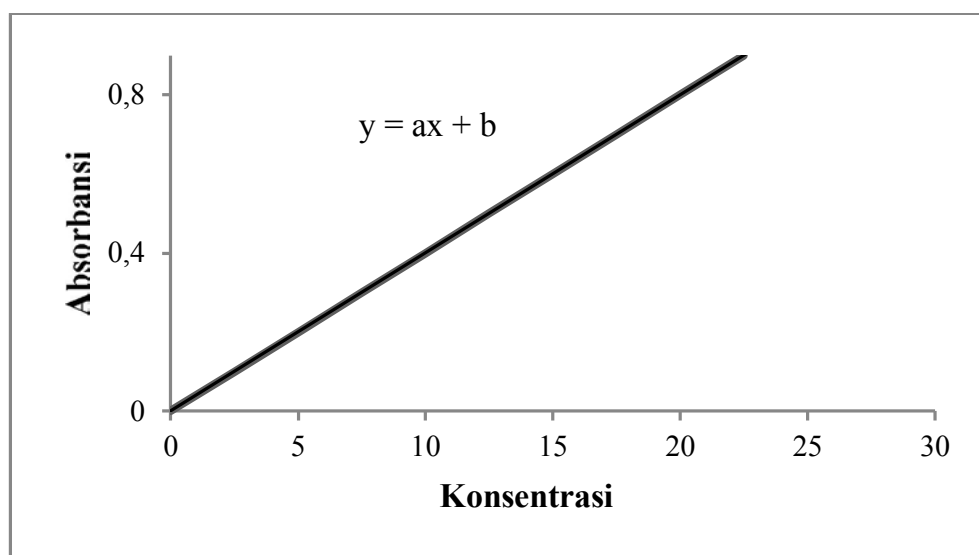
Pereaksi Fosfat Pekat dan Pewarna Fosfat Pekat

Pereaksi fosfat pekat dibuat dengan cara melarutkan 1,2 gram *Ammonium molibdat* [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O] dalam 50 ml akuades pada labu ukur volume 100 ml kemudian ditambahkan 0,0277 gram *Kalium antimonil tartrat* K(SbO)C₄H₄O₆·0,5H₂O], dihomogenkan, ditambahkan akuades sampai volume menjadi 100 ml, dan dihomogenkan kembali.

Pembuatan pewarna fosfat pekat dengan melarutkan 0,106 gram asam askorbat ke dalam 10 ml pereaksi fosfat pekat. Pereaksi pewarna fosfat pekat harus dalam kondisi baru (Saraswati, *et al.*, 2007).

Pembuatan Larutan Standar Fosfat dan Kurva Standar

Larutan standar fosfat digunakan untuk membuat kurva standar fosfat. Larutan stok H_3PO_4 dibuat dengan cara menimbang sebanyak 10 mg H_3PO_4 kristal dan dilarutkan dalam 100 ml akuades sehingga didapatkan larutan standar dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan standar 100 ppm diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25 ppm PO_4^{3-} sampai volume masing-masing konsentrasi adalah 2 ml. Masing-masing larutan standar ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna P pekat dan dihomogenkan, didiamkan 30 menit. Setiap konsentrasi larutan standar fosfat diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm (Saraswati, *et al.*, 2007). Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar fosfat. Sumbu X menyatakan konsentrasi P dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$. Skematis grafik ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skematis kurva standart fosfat

Perlakuan untuk Pelarutan Fosfat

Kompos diambil sebanyak 1 gram dan dilarutkan dengan 9 ml akuades, disaring dengan kertas Whatman. Larutan diambil

1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml medium Pikovskaya cair. Medium diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang di *rotary shaker* dengan kecepatan 100 rpm (Saraswati *et al.*, 2007). Konsentrasi fosfat yang terlarut dalam medium dihitung secara periodik setiap 1 minggu selama 9 minggu.

Perhitungan Konsentrasi Fosfat Terlarut

Masing-masing larutan kompos di dalam medium Pikovskaya diambil 10 ml, disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Supernatan hasil sentrifugasi dipipet sebanyak 2 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Sebanyak 0,2 ml pereaksi pewarna fosfat pekat ditambahkan ke dalam supernatan, dihomogenkan dan didiamkan selama 30 menit. Absorbansi supernatan dilihat dengan Spektrofotometer panjang gelombang 690 nm. Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Kontrol didapat dari 2 ml akuades yang ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna P pekat (Saraswati, *et al.*, 2007). Konsentrasi fosfat terlarut dalam supernatan dihitung menggunakan persamaan yang telah didapat dari kurva standar fosfat yaitu :

$$y = ax + b$$

Keterangan :

y = Nilai absorbansi

a = Konstanta

b = Koefisien

x = Nilai konsentrasi fosfat terlarut

3.2.12 Perhitungan Konsentrasi Kalium Tersedia (K₂O)

Pembuatan Larutan Supresor Kalium

Larutan supresor kalium dibuat dengan cara menimbang 1,25 gram CaCO₃ dalam gelas beker, ditetesi dengan akuades kemudian dilarutkan pelan-pelan dengan 10,5 mL HCl,

dididihkan dan didinginkan selanjutnya diencerkan dengan akuades sampai dengan 100 ml (SNI-2803-2010).

Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

Larutan standar kalium digunakan untuk membuat kurva standar kalium. Larutan stok KCl dibuat dengan menimbang 1 mg KCl dan dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga didapatkan larutan stok dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan stok 10 ppm diencerkan dengan akuades dan dibuat dengan konsentrasi 0; 0,5; 1; 2, 4; 8 ppm KCl dengan volume 1 ml. Masing-masing larutan standar ditambahkan 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml akuades, dipanaskan selama 5 menit sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan. Larutan diencerkan dengan akuades sampai mencapai volume 10 ml, disaring dengan kertas Whatman. Larutan dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 5 ml, ditambahkan 1 ml larutan supresor kalium, kemudian diambil 2 ml dimasukkan ke dalam kuvet, diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 766,5 nm (SNI-2803-2010). Hasil pengukuran absorbansi larutan standart kemudian dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar kalium. Sumbu X menyatakan konsentrasi fosfat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$.

Perhitungan Konsentrasi Kalium Tersedia

Masing-masing perlakuan kompos ditimbang sebanyak 1 gram ditambah 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml akuades, dipanaskan selama 5 menit sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan. Larutan diencerkan dengan akuades sampai mencapai volume 10 ml, disaring dengan kertas Whatman. Larutan dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 1 ml larutan supresor kalium, kemudian diambil 2 ml dimasukkan kedalam kuvet, diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 766,5 nm (SNI-2803-

2010). Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Hasil perhitungan dimasukkan ke dalam persamaan $y = ax + b$ yang sudah didapatkan di atas.

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Pengambilan data secara deskriptif digunakan untuk mengetahui sifat sinergisme antar isolat, kematangan kompos dengan parameter fisik yang meliputi bau, warna, dan tekstur.

Data secara deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengetahui pola pertumbuhan isolat tunggal dan konsorsium *Azotobacter*, suhu, kepadatan sel, konsentrasi nitrat tersedia, fosfat terlarut dan kalium tersedia.

Analisis Anova Two-way dengan taraf kepercayaan 95% digunakan untuk mengetahui signifikansi penambahan inokulan terhadap konsentrasi nitrat tersedia, fosfat terlarut dan kalium tersedia dalam kompos. Apabila nilai signifikansi $< 0,05$, maka dilanjutkan dengan uji Tukey.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sinergisme Antar Isolat *Azotobacter*

Uji sinergisme digunakan untuk mencari kombinasi isolat yang dapat digunakan bersama-sama dalam proses pengomposan. Sinergitik antar isolat ditunjukkan dengan tidak terbentuknya zona hambat antar isolat. Seraca rinci hasil uji sinergisme antar isolat ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

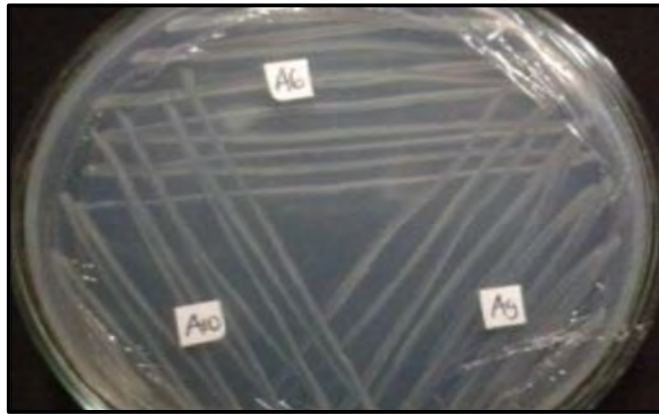
Tabel 4.1 Hasil Uji Sinergisme Antar Isolat *Azotobacter*

Isolat	A1b	A3	A6	A9	A10
A1b	+	+	+	+	+
A3	+	+	+	+	+
A6	+	+	+	+	+
A9	+	+	+	+	+
A10	+	+	+	+	+

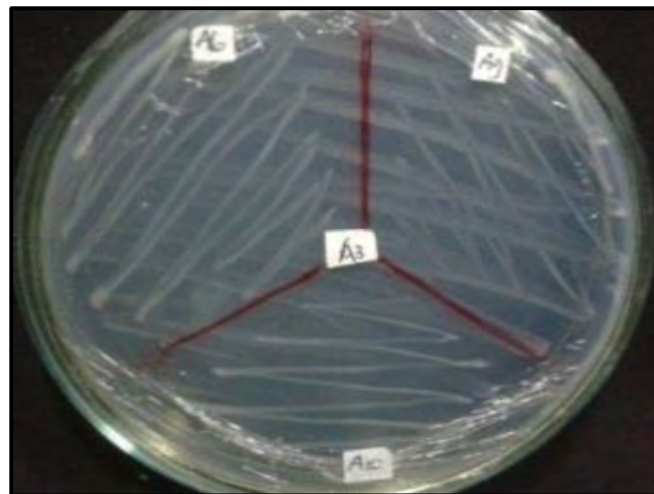
Keterangan: (+) sinergis; (-) antagonis

Berdasarkan tabel 4.1 antar isolat *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, dan A10 menunjukkan sinergisme karena tidak terbentuk zona hambat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semua isolat *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, dan A10 dapat tumbuh bersama. Menurut Elfiati (2005), adanya kompatibilitas atau sinergisme dari dua bakteri atau lebih yang diinokulasikan merupakan faktor yang sangat penting supaya bakteri tersebut dapat bekerjasama dengan baik.

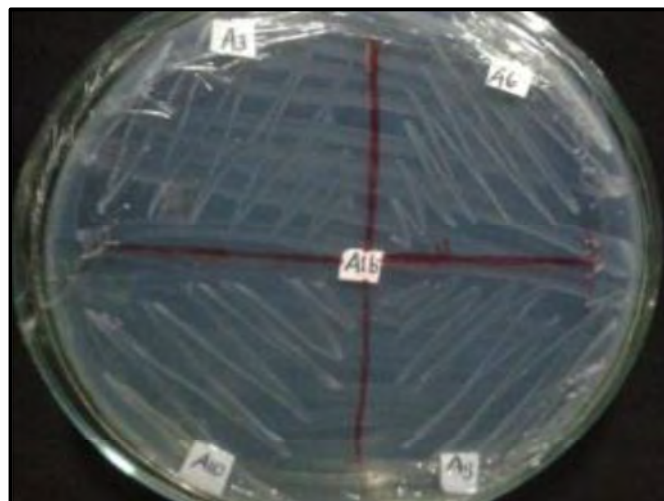
Genus *Azotobacter* merupakan bakteri Gram negatif, berbentuk oval, memiliki flagella peritrik dan kista. Bakteri ini termasuk dalam kemoorganotrop yang menggunakan karbon dari gula, alkohol atau garam dari asam organik untuk tumbuh (Holt *et al.*, 1994). Semua strain *Azotobacter* yang digunakan dalam uji sinergisme tersebut dilaporkan mampu melarutkan fosfat dengan baik (Islamiati & Zulaika, 2015), juga mampu mendegradasi karbohidrat (Zulaika *et al.*, 2014).



Gambar 4.1.a. Hasil uji synergisme antara isolat A6, A9 dan A10



Gambar 4.1.b. Hasil uji synergisme antara isolat A3, A6, A9 dan A10



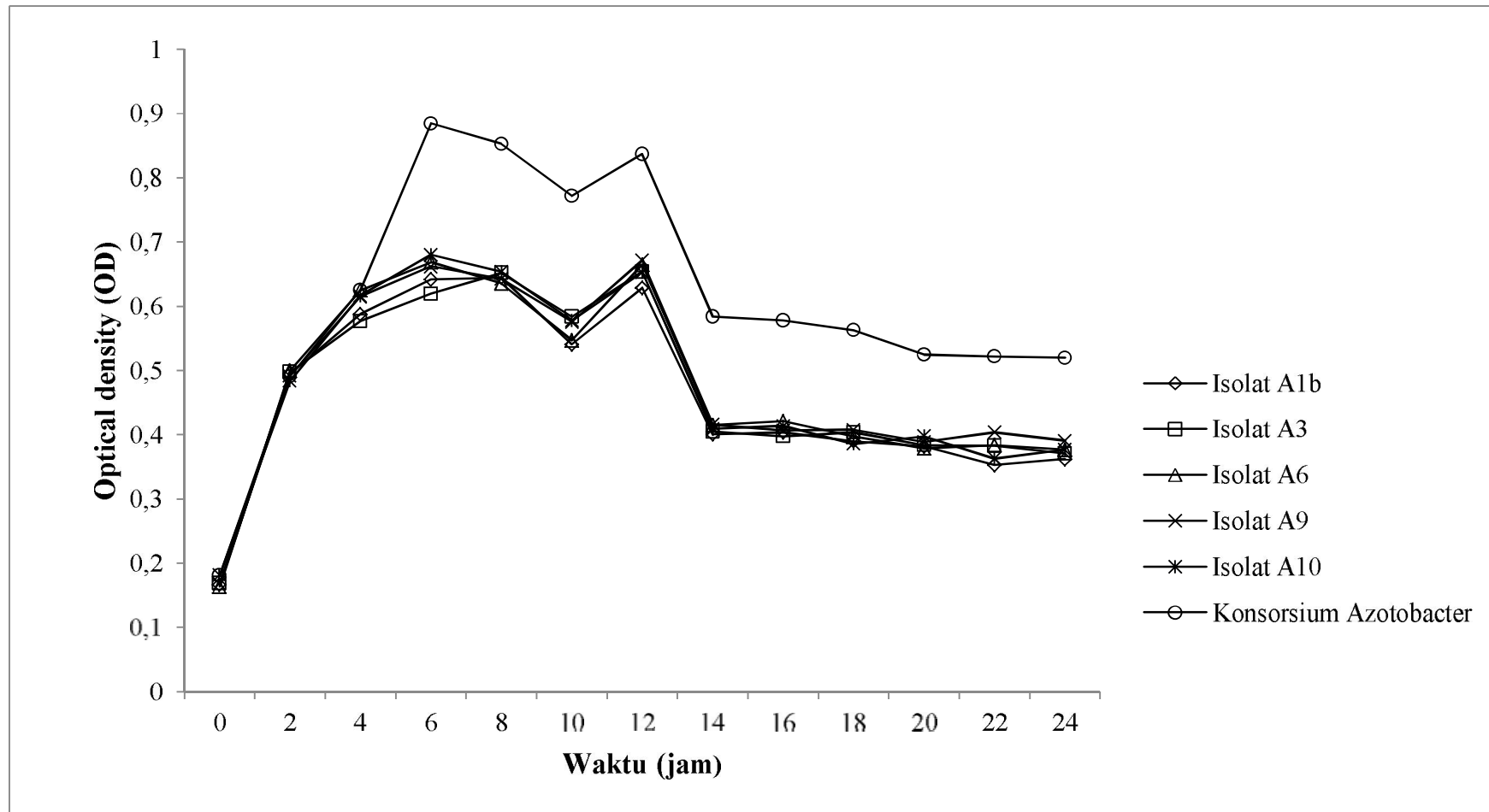
Gambar 4.1.c. Hasil uji synergisme antara isolat A1b, A3, A6, A9 dan A10

4.2 Pola Pertumbuhan Konsorsium *Azotobacter*

Pola pertumbuhan isolat tunggal *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, A10 dan konsorsium menunjukkan pola yang sama. Kurva pertumbuhan tidak menunjukkan fase adaptasi, tetapi langsung menuju fase eksponensial (Gambar 4.2). Hal ini disebabkan karena *Azotobacter* tumbuh pada media yang sama dengan sebelumnya sehingga penyesuaian dengan lingkungan yang baru berlangsung cepat. Menurut Khotimah dan Zulaika (2014), inokulum yang diinokulasikan ke dalam media baru ketika fase eksponensial maka pertumbuhan bakteri akan melanjutkan fase eksponensial tanpa melalui fase lag kembali. Pada media dan lingkungan pertumbuhan yang sama seperti sebelumnya bakteri tidak memerlukan waktu adaptasi (Yuliana, 2008).

Berdasarkan Gambar 4.2, kurva pertumbuhan isolat tunggal maupun konsorsium dari jam ke-0 sampai jam ke-6 langsung memasuki fase eksponensial. Konsorsium *Azotobacter* menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibanding isolat tunggal. Hal ini apabila ditinjau dari perlakuan ketika pembuatan kurva pertumbuhan, pada kultur tunggal, masing-masing kultur diambil 20 ml dan ditambahkan 180 ml NB (*nutrient broth*). Sedangkan pada kultur konsorsium, kombinasi 5 kultur sebanyak 100 ml ditambah 900 ml NB untuk menciptakan kondisi yang sama dengan kultur tunggal. Kultur konsorsium memiliki biomassa sel yang lebih besar yaitu 100 ml per 5 isolat dibandingkan biomassa sel pada isolat tunggal yaitu 20 ml per isolat. Hal ini lah yang menyebabkan biomassa sel konsorsium lebih tinggi daripada biomassa sel isolat tunggal, tetapi antara isolat tunggal dan konsorsium menunjukkan pola pertumbuhan yang hampir sama.

Fase stationer terjadi setelah jam ke-6 sampai jam ke-12, kemudian menurun tetapi masih dalam fase stasioner sampai jam ke-24. Hal ini dapat disebabkan berkurangnya nutrisi dalam medium (Prasidya & Zulaika, 2015). Pada kurva pertumbuhan tidak tampak adanya fase kematian sebab pengamatan hanya dilakukan 24 jam dan fase teramati masih dalam fase stasioner.



Gambar 4.2 Kurva pertumbuhan isolat *Azotobacter* dan konsorsium

4.3 Proses Pengomposan

Proses pengomposan diamati dari hari pertama setelah pencampuran inokulan pada serasah daun sampai kompos terbentuk (matang). Pada hari ke-1 suhu kompos mulai naik dari suhu awal 28°C menjadi 29°C, selanjutnya tekstur kompos mulai lembek dan menggumpal. Bau kompos masih seperti bau bahan bakunya yaitu bau serasah, sedangkan warnanya coklat kekuningan. Terdapat uap air di sekitar wadah kompos. Pada hari ke-7, kompos berubah warna menjadi coklat tua, tetapi bentuk fisik masih berupa cacahan daun. Suhu kompos semakin mengalami peningkatan menjadi 31°C. Hari ke-14, warna kompos mulai tampak coklat kehitaman, bahan menjadi lebih halus, tetapi tekstur kompos masih lembek saat digenggam.

Tanda-tanda pematangan kompos mulai tampak pada minggu ke-4, warna kompos menjadi coklat kehitaman, berbau menyerupai tanah, dan ukurannya lebih kecil dibandingkan pada awal pengomposan. Kompos tersebut bila digenggam tidak lagi menempel di tangan. Kompos tidak menghasilkan uap air di dalam wadah plastik.

Pada minggu ke-8, bentuk fisik kompos menyerupai tanah yang berwarna kehitaman. Tekstur remah saat digenggam, dan aromah tanah mulai memudar.

4.4 Kualitas Kompos

Kualitas kompos dapat diketahui dari hasil pengamatan parameter fisik suhu, bau, warna dan tekstur (Tabel 4.2). Berdasarkan pengamatan suhu: kondisi awal pada semua variasi perlakuan memiliki suhu normal yang sesuai dengan suhu bahan yaitu 28°C. Setelah 24 jam, suhu naik menjadi 29°C. Kenaikan suhu terjadi berturut-turut hingga mencapai suhu maksimum 32°C-33°C pada hari ke-35, kemudian suhu berangsur-angsur turun sampai akhir pengomposan. Menurut Isroi (2008), kenaikan suhu dapat terjadi karena dalam aktivitas penguraian yang dilakukan oleh mikroba akan menghasilkan panas. Pada umumnya suhu akan naik dan mencapai suhu

maksimum. Setelah suhu maksimum tercapai, suhu akan turun kembali hingga suhu awal. Penurunan suhu dapat terjadi karena aktivitas mikroba untuk mendegradasi semakin berkurang.

Azotobacter merupakan bakteri mesofilik yang mampu hidup pada suhu 20⁰C-30⁰C (Holt *et al.*, 1994). Aktivitas mikroba mesofilik dalam proses penguraian akan menghasilkan panas dengan mengeluarkan CO₂ dan mengambil O₂ dalam tumpukan kompos sampai mencapai suhu maksimum, karena kandungan energi dalam pengomposan terus menerus digunakan oleh aktifitas mikroba, maka jumlah O₂ dalam tumpukan pengomposan menjadi terbatas, akibatnya aktivitas mikroba semakin berkurang dan suhu menurun (Masniawati *et al.*, 2013). Secara keseluruhan, pengomposan berjalan pada suhu 29⁰C-33⁰C. Suhu tersebut masih berada pada kisaran suhu optimum untuk pengomposan. Sebagaimana yang disebutkan oleh Isro'i (2008) bahwa suhu 30⁰C termasuk dalam suhu optimum pengomposan. Pada suhu tersebut, bakteri *Azotobacter* masih dapat hidup dan bekerja dengan baik dalam pengomposan. Pada hari ke-63, semua variasi perlakuan telah mencapai suhu baku untuk kompos yang telah matang berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni suhu kompos yang berkisar dari 28⁰ - 30⁰C.

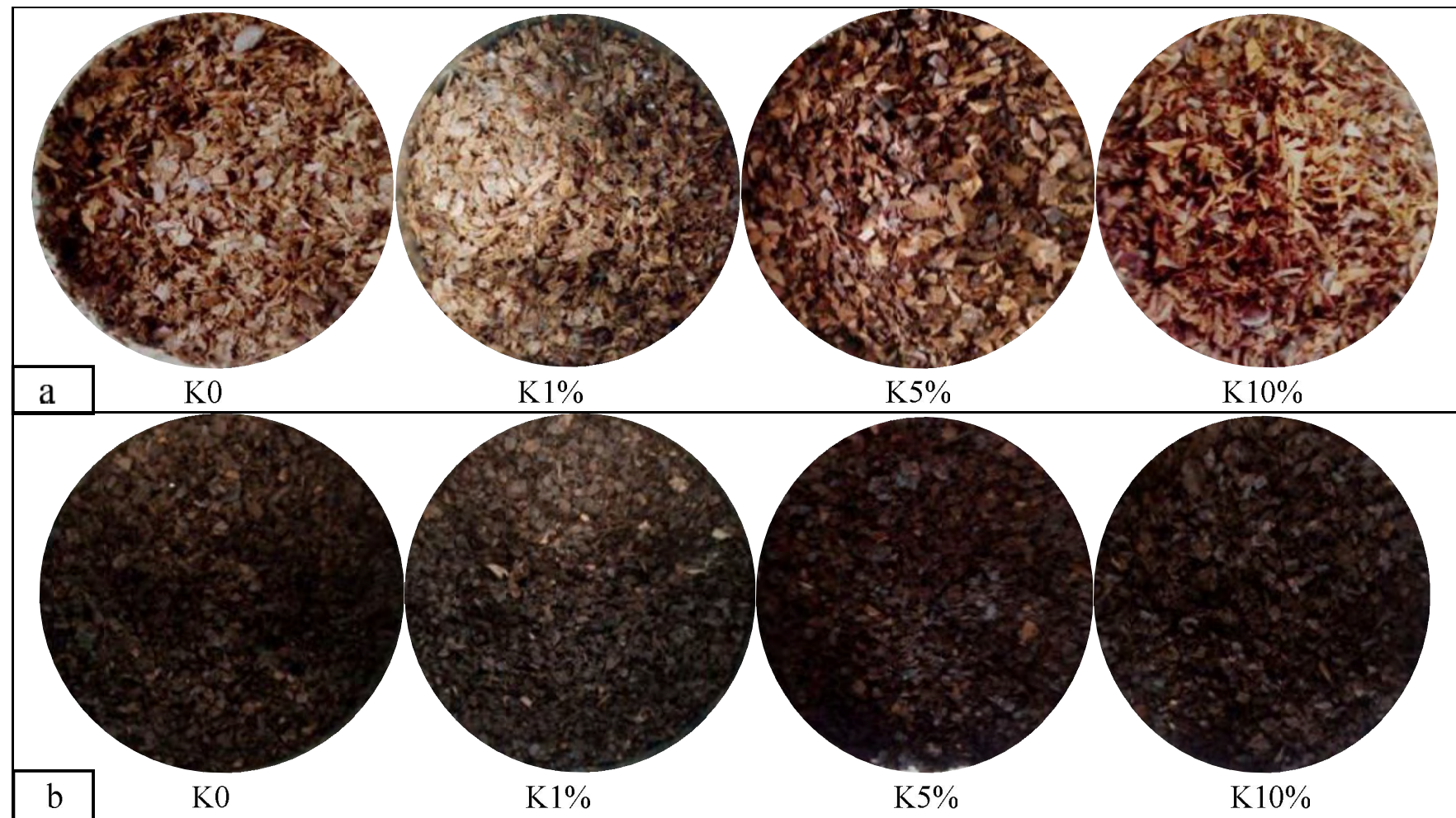
Tabel 4.2 Kualitas Kompos

Perlakuan inokulan	Awal Pengomposan			Akhir Pengomposan		
	Bau	Warna	Tekstur	Bau	Warna	Tekstur
Kontrol (0%)	Serasah	Kuning kecoklatan	Kasar berserat	Aroma tanah	Coklat kehitaman	Hancur Kasar
1%	Serasah	Kuning kecoklatan	Kasar berserat	Aroma tanah	Coklat kehitaman	Hancur Kasar
5%	Serasah	Kuning kecoklatan	Kasar berserat	Aroma tanah	Coklat kehitaman	Hancur kasar
10%	Serasah	Kuning kecoklatan	Kasar berserat	Aroma tanah	Coklat kehitaman	Hancur kasar

Pada awal pengomposan berbau seperti bahan bakunya yaitu bau serasah daun, setelah akhir pengomposan, aroma kompos menyerupai tanah. Hal ini sesuai dengan SNI 19-7030-2004, bahwa kompos yang telah matang memiliki bau seperti tanah.

Hasil pengamatan warna kompos untuk semua perlakuan menunjukkan perubahan warna dari warna kuning kecoklatan menjadi coklat kehitaman. Perubahan warna terjadi karena adanya proses dekomposisi oleh mikroorganisme yang mengubah bahan organik dengan rantai C kompleks menjadi bentuk C sederhana. Menurut Sriharti dan Salim (2010), proses dekomposisi akan menyebabkan bahan yang dikomposkan (daun) kehilangan pigmen warna daun (klorofil) sehingga warnanya berubah kehitaman sesuai warna unsur penyusunnya (unsur C). Selain itu juga disebabkan adanya aktivitas mikroba yang menghasilkan CO_2 dan air. Seperti dikemukakan oleh Masniawati *et al.* (2013) bahwa pada proses pengomposan akan terjadi penguraian bahan organik oleh aktivitas mikroba, yaitu mikroba akan mengambil air, oksigen, dan nutrisi dari bahan organik yang kemudian bahan organik tersebut akan mengalami penguraian dan membebaskan CO_2 dan O_2 . Perubahan warna dapat dilihat pada Gambar 4.3. Parameter ini sesuai dengan baku mutu kompos menurut SNI 19-7030-2004, yaitu kompos yang sudah matang berwarna coklat kehitaman seperti tanah.

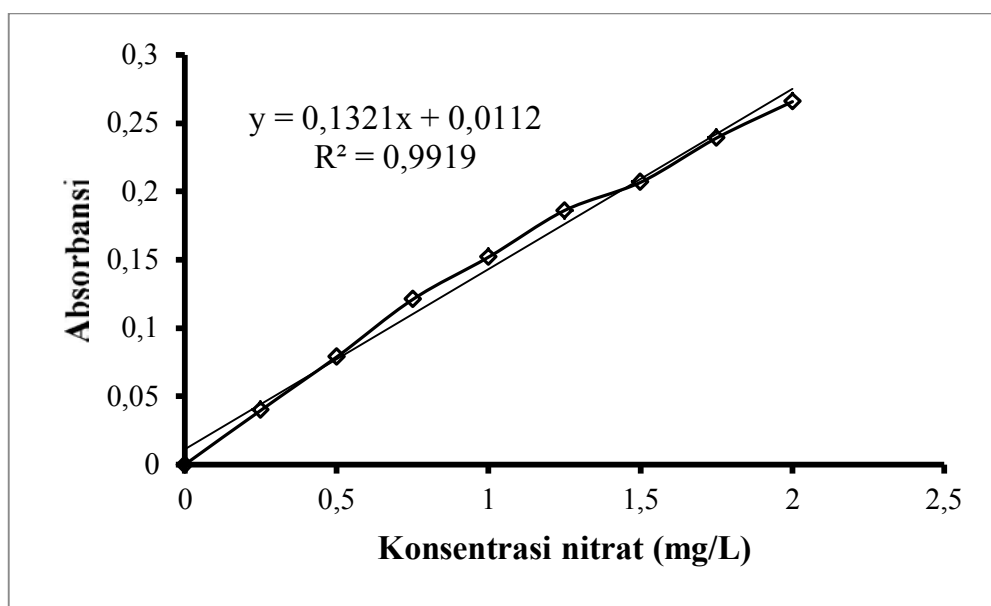
Berdasarkan pengamatan pada tekstur: semua variasi perlakuan mengalami perubahan tekstur, ukuran kompos menjadi lebih kecil dibandingkan pada awal pengomposan. Hal ini menandakan bahwa ada aktivitas degradasi oleh mikroorganisme dalam kompos. Kompos menjadi lebih hancur tetapi masih sedikit kasar. Kompos tersebut apabila digenggam tidak lagi menempel di tangan (remah). Kompos tidak menghasilkan uap air ketika dibungkus dalam plastik tertutup selama 1 hari. Sesuai dengan SNI 19-7030-2004 bahwa kompos matang bertekstur remah.



Gambar 4.3 Warna kompos (a) awal pengomposan, (b) akhir pengomposan (K0 : serasah daun tanpa inokulan, K1% : serasah daun + 1% inokulan, K5% : serasah daun + 5% inokulan, K10% : serasah daun + 10% inokulan)

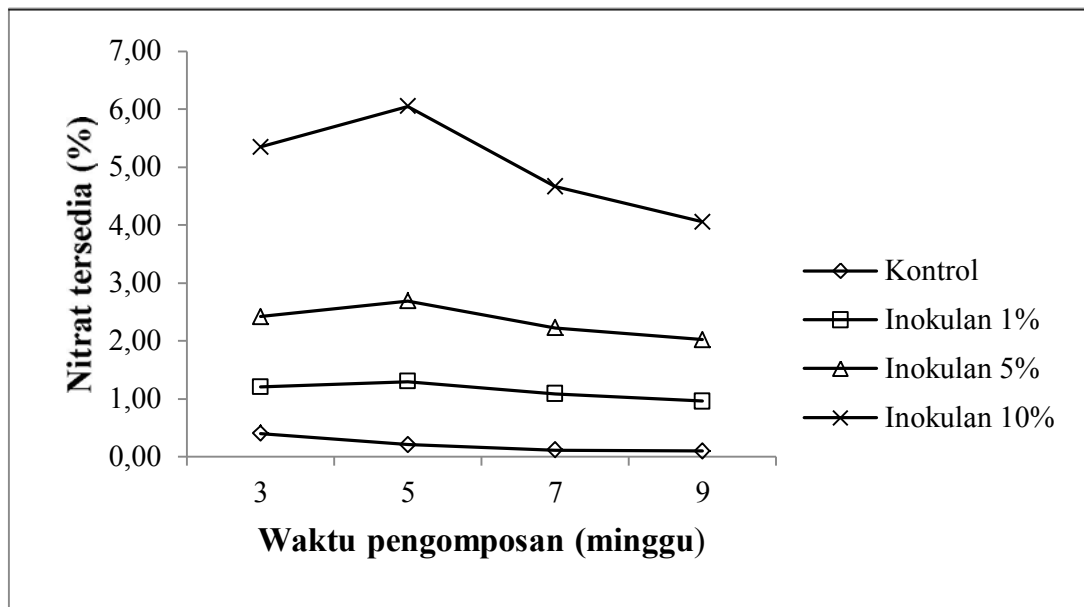
4.6 Konsentrasi Nitrat Tersedia (NO_3^-)

Pembuatan kurva standar nitrat digunakan untuk menghitung konsentrasi nitrat tersedia. Kurva standar nitrat menghasilkan persamaan garis $y = 0,132x + 0,011$. Kurva standar nitrat ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Kurva standar nitrat

Nitrogen merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak, diserap tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Nitrogen berperan penting dalam merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman. Nitrogen juga dibutuhkan mikroorganisme untuk pemeliharaan dan pembentukan sel tubuh. Semakin banyak kandungan nitrogen, maka akan semakin cepat bahan organik terurai, karena mikroorganisme yang menguraikan bahan kompos memerlukan nitrogen untuk perkembangannya (Sriharti & Salim, 2008). Konsentrasi nitrat selama pengomposan menghasilkan konsentrasi yang bervariasi, secara umum penambahan inokulan 10% pada minggu ke-5 menghasilkan konsentrasi nitrat terbesar (Gambar 4.5 dan Tabel 4.3).



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi nitrat tersedia selama pengomposan

Tabel 4.3 Konsentrasi Nitrat Tersedia Selama Pengomposan

Perlakuan (Inokulan)	Konsentrasi (%)			
	Minggu ke-3	Minggu ke-5	Minggu ke-7	Minggu ke-9
Kontrol (0%)	0,4 ^{hi}	0,2 ^{hi}	0,1 ⁱ	0,1 ⁱ
1%	1,2 ^{fghi}	1,3 ^{efgh}	1,1 ^{fghi}	1,0 ^{ghi}
5%	2,4 ^{de}	2,7 ^d	2,2 ^{def}	2,0 ^{defg}
10%	5,3 ^{ab}	6,0 ^a	4,7 ^{bc}	4,1 ^c

Sumber: Data Primer 2016

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 4.3, konsentrasi nitrat dengan penambahan inokulan 10% paling besar dibanding penambahan inokulan 1% dan 5%. Konsentrasi nitrat pada semua penambahan inokulan terus meningkat sampai minggu ke-5. Peningkatan kadar nitrat sejalan dengan meningkatnya aktivitas mikroorganisme dalam pengomposan. Hal ini sesuai dengan pendapat Yuli *et al.*, (2008) yang menyatakan bahwa kandungan nitrogen dalam kompos berasal dari bahan organik kompos yang didegradasi oleh mikroorganisme, sehingga berlangsungnya proses degradasi

sangat mempengaruhi kandungan nitrogen dalam kompos. Namun, setelah minggu ke-5, kadar nitrat mengalami penurunan sampai dengan akhir pengomposan. Penurunan kadar nitrat diduga karena terbatasnya sumber karbon dalam kompos, sehingga aktivitas mikroorganisme untuk menyediakan nitrat menurun.

Berdasarkan uji Anova, penambahan inokulan berpengaruh terhadap kandungan nitrat di dalam kompos. Pada minggu ke-5 konsentrasi nitrat pada semua perlakuan mencapai maksimum, kontrol (tanpa penambahan inokulan) menghasilkan konsentrasi sebesar 0,2 %, lebih rendah dibanding penambahan inokulan 1%, 5%, 10% dengan nilai konsentrasi berturut-turut sebesar 1,3 %; 2,7 %; dan 6,0 %. Pemberian inokulan 10% menghasilkan konsentrasi nitrat tertinggi yaitu sebesar 6,0 %.

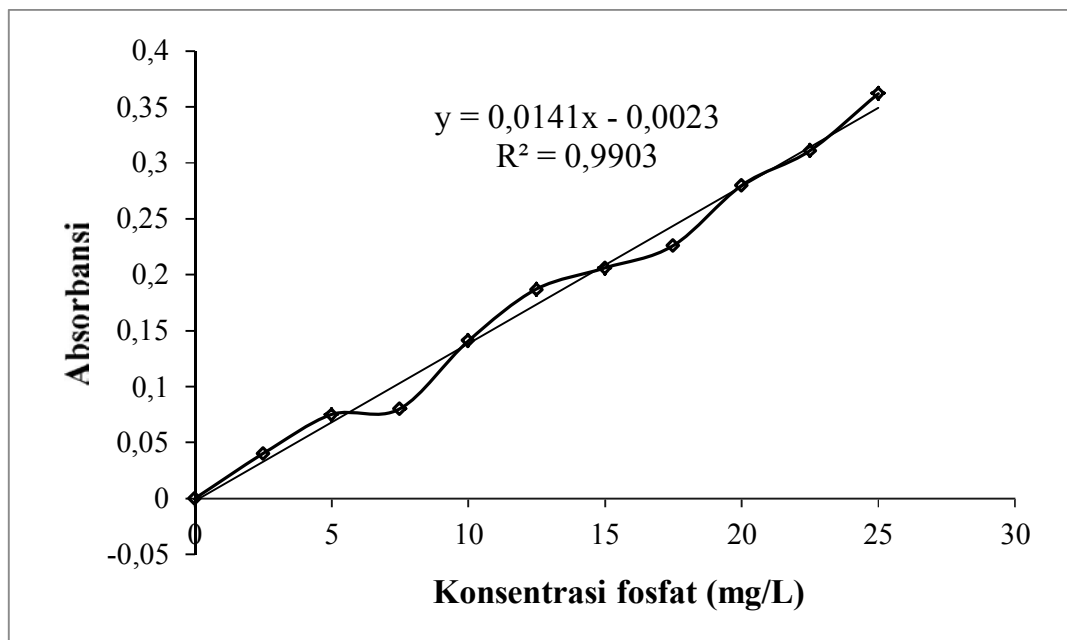
Berdasarkan Gambar 4.5, semakin tinggi penambahan konsentrasi inokulan konsorsium *Azotobacter*, konsentrasi nitrat semakin meningkat. Pada kontrol, meskipun tanpa inokulan ternyata produk komposnya dapat menghasilkan nitrat. Hal ini disebabkan pada saat proses pengomposan dilakukan non aseptis sehingga memungkinkan kehadiran bakteri lain di dalamnya yang dapat menghasilkan nitrat, tetapi diperkirakan jumlah bakteri tersebut hanya sedikit karena nitrat yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan perlakuan dengan penambahan inokulan.

Pada variasi penambahan inokulan, meningkatnya konsentrasi nitrat disebabkan oleh meningkatnya jumlah populasi bakteri *Azotobacter* yang terkandung dalam kompos dan beraktivitas mengikat nitrogen bebas kemudian mengubahnya menjadi nitrat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Palacious (2005), kinerja bakteri *Azotobacter* yang terdapat pada kompos adalah mengikat nitrogen bebas. Bakteri dalam genus *Azotobacter* merupakan bakteri gram negatif, berbentuk bulat memanjang, yang secara normal mampu memfiksasi nitrogen dari atmosfer dan memiliki enzim nitrogenase yang dapat menggabungkan hidrogen dan nitrogen. Kandungan nitrat pada perlakuan penambahan inokulan pada penelitian ini memenuhi baku mutu

SNI yang mensyaratkan bahwa kandungan unsur N dalam kompos minimal 0,4 % (SNI 19-7030-2004).

4.7. Konsentrasi Fosfat Terlarut (PO_4^{3-})

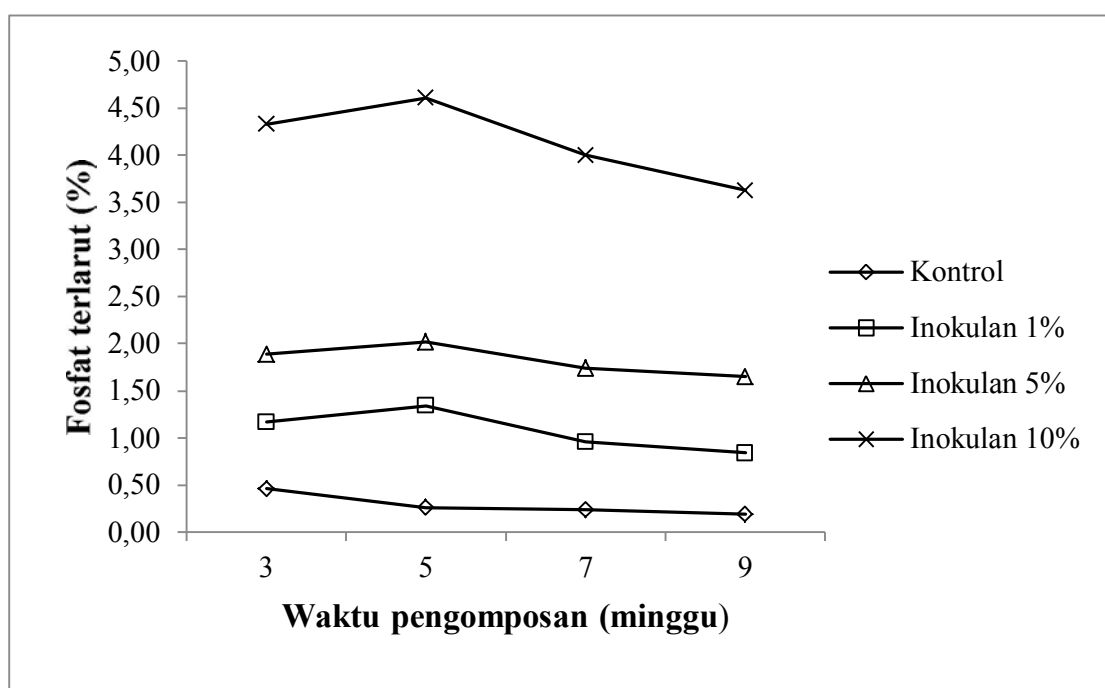
Pembuatan kurva standar fosfat digunakan untuk menghitung konsentrasi fosfat terlarut. Kurva standar fosfat menghasilkan persamaan garis $y = 0,0141x - 0,0023$. Kurva standar fosfat ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kurva standar fosfat

Konsentrasi fosfat pada proses pengomposan terus meningkat sampai minggu ke-5 (Gambar 4.7). Diduga kandungan P meningkat sejalan dengan meningkatnya kandungan N dalam kompos. Hal ini sesuai dengan pendapat Yuli *et al.* (2008) yang menyatakan kandungan P dalam kompos diduga berkaitan dengan kandungan N dalam kompos. Semakin besar nitrogen yang dikandung maka multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfor akan meningkat, sehingga kandungan fosfor dalam kompos juga meningkat. Fosfor akan digunakan oleh mikroorganisme untuk membangun sel. Perombakan bahan organik dan proses asimilasi fosfor terjadi karena adanya enzim fosfatase yang

dihasilkan oleh sebagian mikroorganisme, termasuk *Azotobacter*. Setelah minggu ke-5, konsentrasi fosfat mengalami penurunan sampai dengan akhir pengomposan minggu ke-9. Hal ini diduga karena sumber karbon yang tersedia mulai menurun. Di dalam medium terdapat glukosa sebagai sumber C yang digunakan mikroorganisme untuk metabolisme. Selama glukosa masih tersedia dalam medium, maka bakteri akan menghasilkan asam organik, asam organik inilah yang akan melarutkan fosfat terikat menjadi fosfat terlarut dalam kompos.



Gambar 4.7 Grafik konsentrasi fosfat terlarut selama pengomposan

Berdasarkan uji Anova, semua penambahan inokulan berpengaruh terhadap banyaknya fosfat terlarut. Berdasarkan uji beda nyata menggunakan uji Tukey, masing-masing penambahan inokulan, semakin banyak inokulan maka fosfat terlarutnya semakin tinggi (Tabel 4.4) karena semakin banyak mikroorganisme yang menguraikan bahan organik. Selama proses pengomposan, pada kontrol menghasilkan konsentrasi fosfat terlarut terendah yaitu 0,2 – 0,5 %, lebih rendah dibanding perlakuan inokulan 1%, 5%, dan 10%. Perlakuan inokulan 10%

menghasilkan fosfat terlarut tertinggi yaitu 4,6 %.

Tabel 4.4 Konsentrasi Fosfat Terlarut Selama Pengomposan

Perlakuan (Inokulan)	Konsentrasi (%)			
	Minggu ke-3	Minggu ke-5	Minggu ke-7	Minggu ke-9
Kontrol (0%)	0,5gh	0,3gh	0,2h	0,2h
1%	1,2def	1,3cdef	1,0efg	0,8fgh
5%	1,9c	2,0c	1,7cd	1,6cde
10%	4,3a	4,6a	4,0ab	3,6b

Sumber: Data Primer 2016

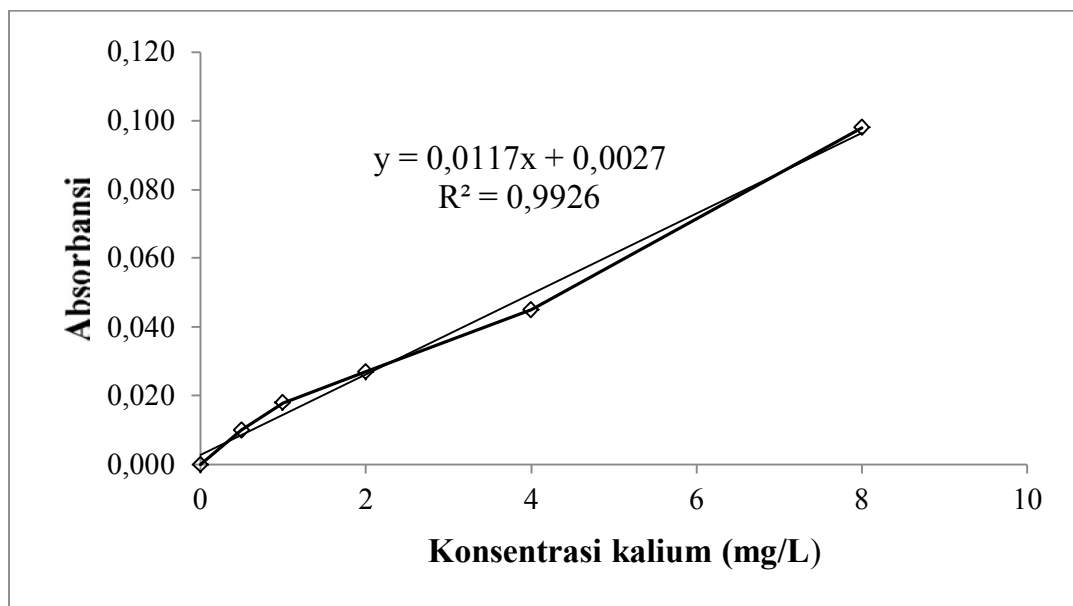
Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$).

Konsentrasi fosfat terlarut pada kontrol lebih rendah dibanding penambahan inokulan. Hal ini diduga ada aktivitas mikroba lain sebab pada proses pengomposan dilakukan tidak secara aseptis, sehingga kehadiran bakteri lain tersebut berpotensi mengubah fosfat (P) anorganik yang tidak dapat larut menjadi bentuk (P) organik yang dapat larut. Namun, diperkirakan jumlahnya hanya sedikit karena fosfat terlarut yang dihasilkan lebih rendah daripada perlakuan inokulan 1% (Tabel 4.4).

Menurut Islamiati dan Zulaika (2015), bakteri *Azotobacter* mampu memecah ikatan fosfat tak larut menjadi terlarut melalui sekresi asam organik. Fosfat terlarut di dalam media dimanfaatkan oleh bakteri untuk metabolisme sel dan pembentukan energi sehingga bakteri mampu tumbuh dan membelah dengan baik sehingga berakibat pada bertambahnya jumlah dan produksi asam organik yang menyebabkan konsentrasi fosfat terlarut menjadi semakin tinggi. Berdasarkan SNI 19-7030-2004, konsentrasi fosfat terlarut pada semua perlakuan penambahan inokulan dan kontrol memenuhi baku mutu persyaratan yakni mengandung unsur P minimal 0,1 %.

4.8 Konsentrasi Kalium (K_2O)

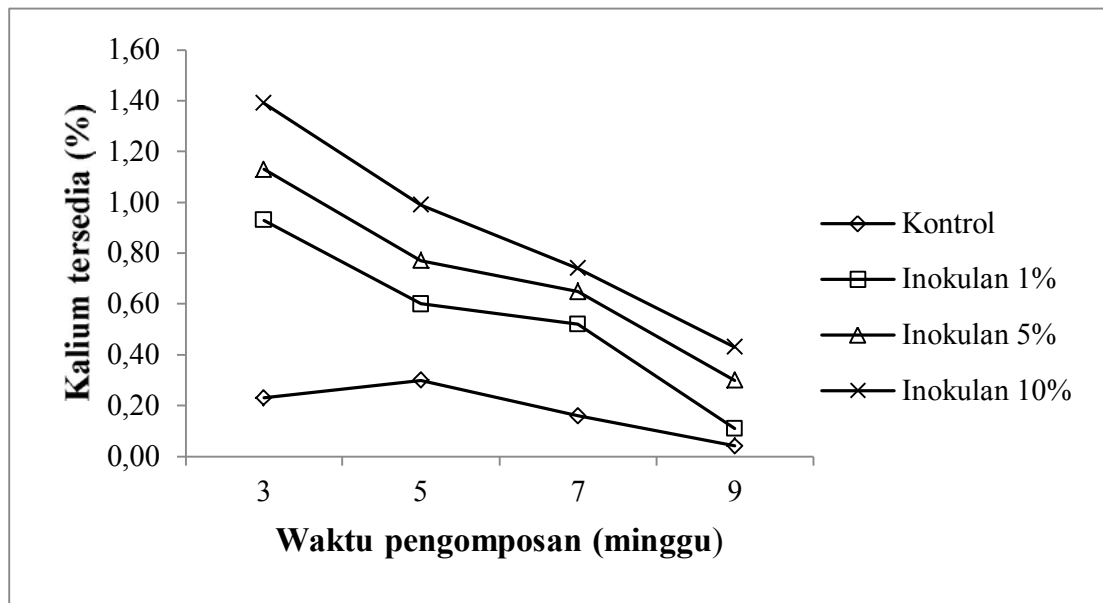
Pembuatan kurva standar kalium digunakan untuk menghitung konsentrasi kalium tersedia. Kurva standar kalium menghasilkan persamaan garis $y = 0,0117x - 0,0027$. Kurva standar kalium ditampilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Kurva standar kalium

Konsentrasi kalium pada saat kompos matang (minggu ke-3) mencapai konsentrasi maksimum (Gambar 4.9). Hal ini menunjukkan saat kompos terbentuk, aktivitas degradasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi maksimum. Menurut Christie (2006), peningkatan kalium disebabkan oleh bakteri pelarut K dalam kompos. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Wardhani *et al.*, (2014), pengikat unsur K berasal dari hasil dekomposisi bahan organik oleh mikroba dalam tumpukan bahan kompos. Mikroba menggunakan ion-ion K^+ bebas yang ada pada bahan baku kompos untuk keperluan metabolisme.

Setelah minggu ke-3 konsentrasi kalium mulai berangsur-angsur turun sampai akhir pengomposan minggu ke-9. Hal ini diduga karena mulai terbatasnya sumber karbon dalam media yang dimanfaatkan oleh mikroba untuk metabolisme, sehingga aktivitas pelarutan K di dalam kompos juga menurun.



Gambar 4.9 Grafik konsentrasi kalium tersedia selama pengomposan

Berdasarkan uji Anova, perlakuan penambahan inokulan pada pengomposan berpengaruh terhadap kandungan kalium tersedia ($p < 0,05$) (Tabel 4.5). Berdasarkan Tabel 4.5, penambahan inokulan 10% pada minggu ke-3 dapat menghasilkan kalium tersedia paling besar dibanding perlakuan 5%, 1% dan kontrol.

Tabel 4.5 Konsentrasi Kalium Tersedia Selama Pengomposan

Perlakuan (Inokulan)	Konsentrasi (%)			
	Minggu ke-3	Minggu ke-5	Minggu ke-7	Minggu ke-9
Kontrol (0%)	0,2ghi	0,3fghi	0,2hi	0,0i
1%	0,9bcd	0,6def	0,5efg	0,1hi
5%	1,1ab	0,8cde	0,6cdef	0,3fghi
10%	1,4a	1,0bc	0,7cde	0,4efgh

Sumber: Data Primer 2016

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$).

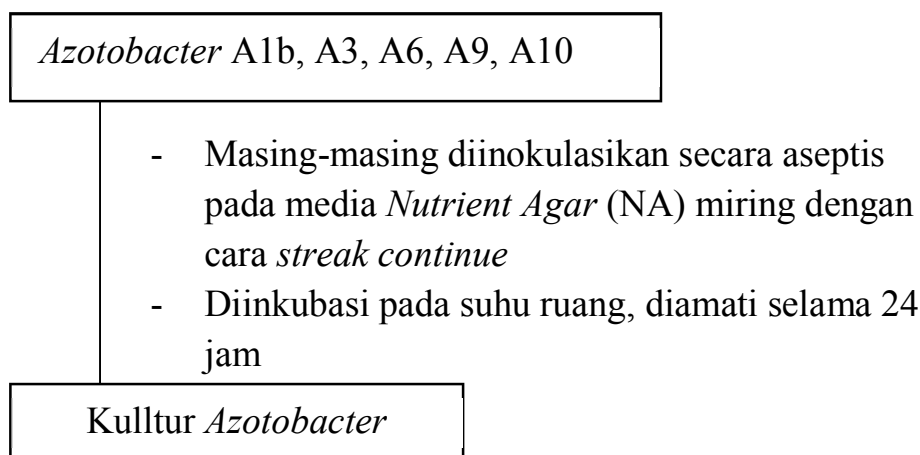
Pada kontrol, meskipun tidak diberi inokulan, ternyata produk kompos menghasilkan kalium. Hal ini disebabkan pada saat proses pengomposan, media dibiarkan terbuka dan tidak

aseptis sehingga memungkinkan kehadiran bakteri lain di dalamnya yang dapat melarutkan kalium. Jumlah bakteri pada kontrol diperkirakan hanya sedikit karena konsentrasi kalium yang dihasilkan lebih rendah dibanding penambahan inokulan 1%. Menurut Isroi (2008), mikroba yang mampu melarutkan fosfat, umumnya juga berkemampuan tinggi dalam melarutkan kalium. Kandungan kalium tersedia semua perlakuan penambahan inokulan pada penelitian ini memenuhi baku mutu SNI yang mensyaratkan bahwa kandungan unsur K dalam kompos minimal 0,2 % (SNI 19-7030-2004). Kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan substrat sebagai katalisator, dengan kehadiran bakteri dan aktivitasnya akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium pada suatu media yang dikomposkan (Yuli *et al.*, 2010).

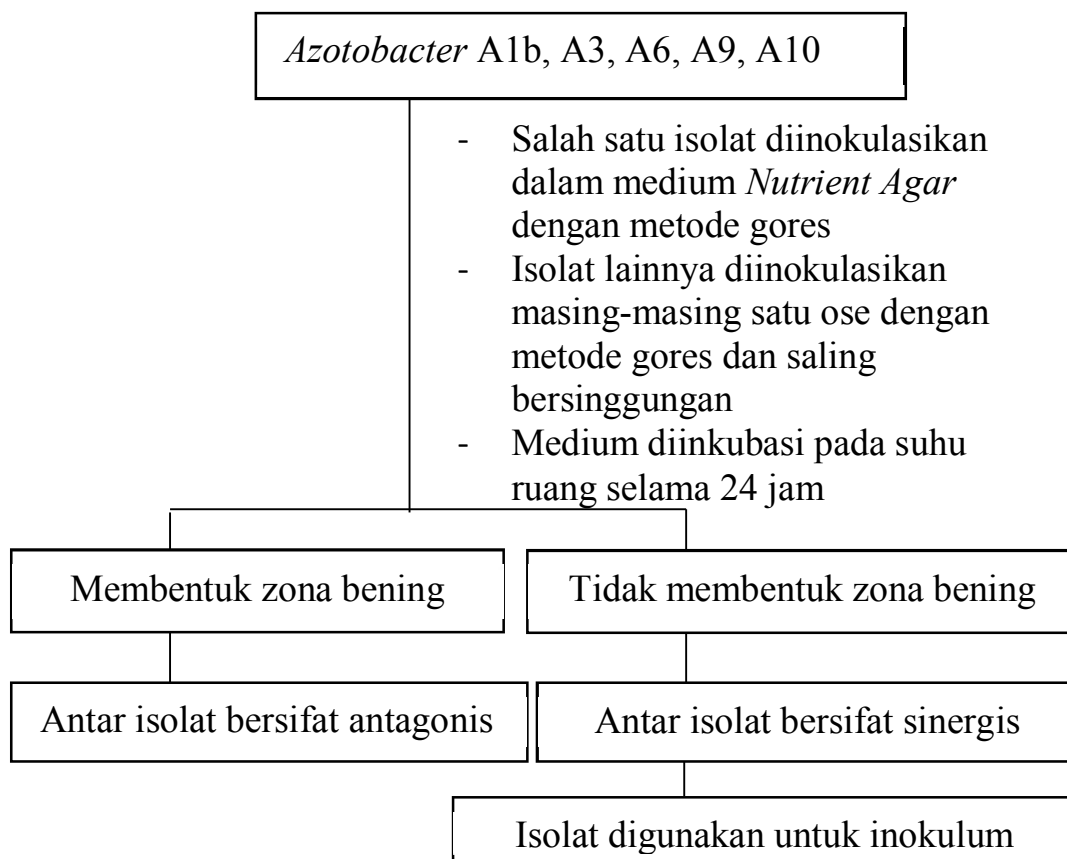
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

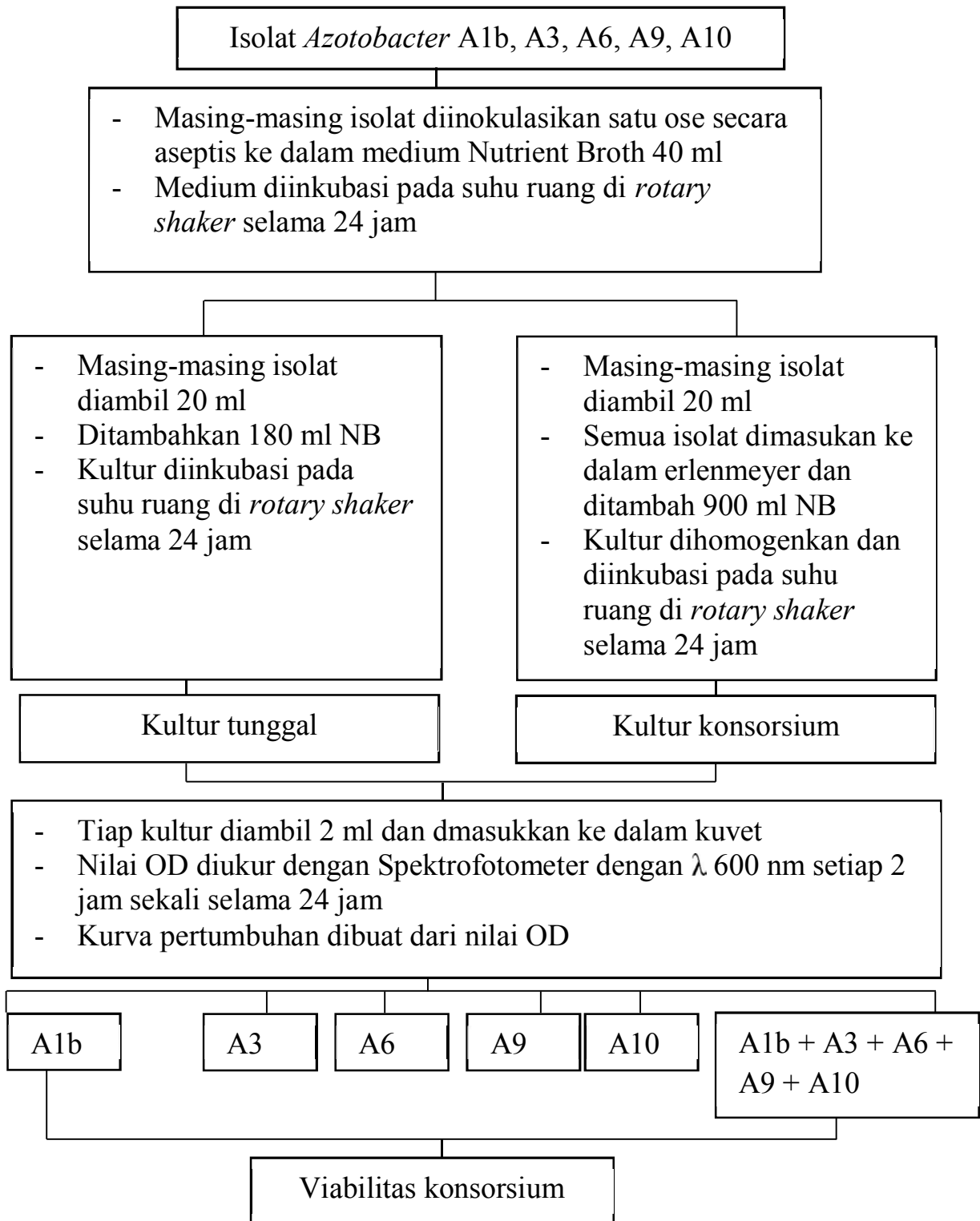
Lampiran 1 : Skema Kerja Subkultur *Azotobacter*



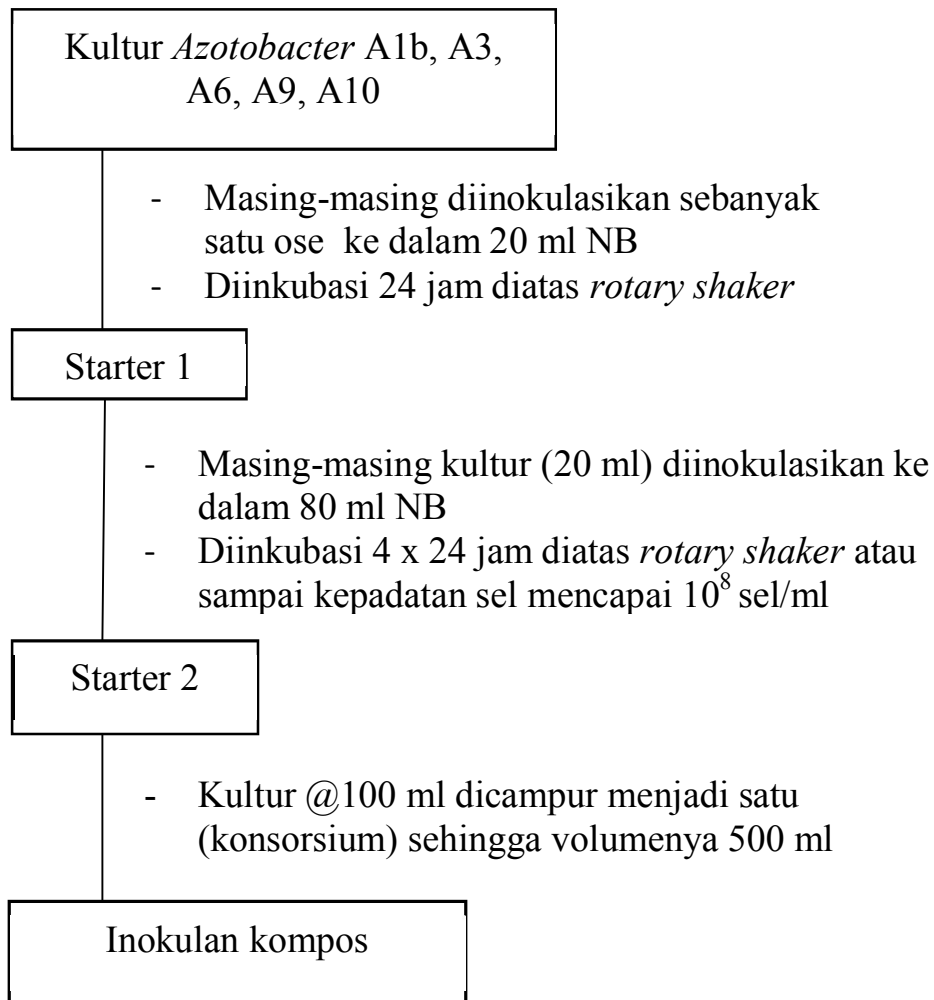
Lampiran 2. Skema Kerja Uji Sinergisme Konsorsium *Azotobacter*



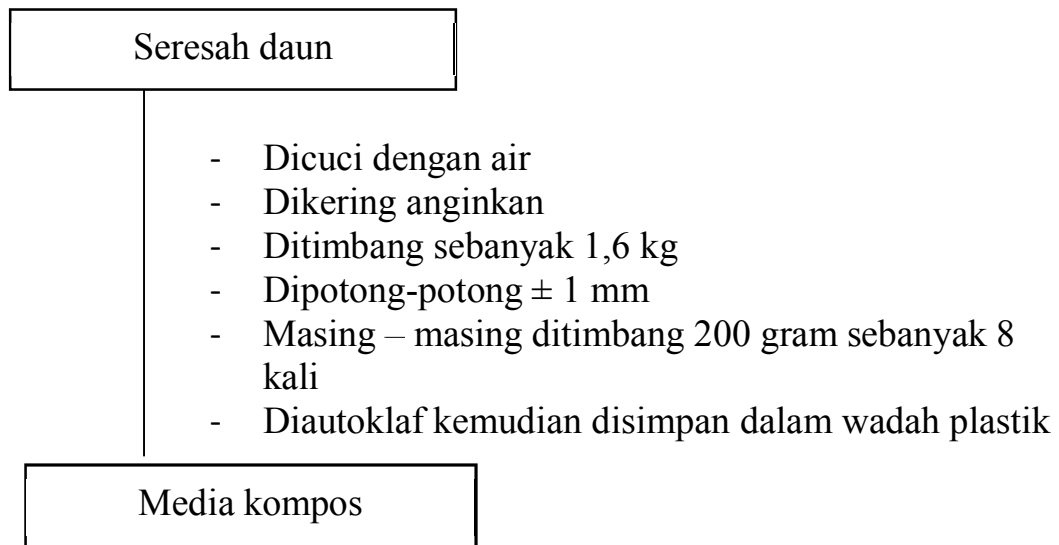
Lampiran 3. Skema Kerja Kurva Pertumbuhan Isolat *Azotobacter* dan Konsorsium



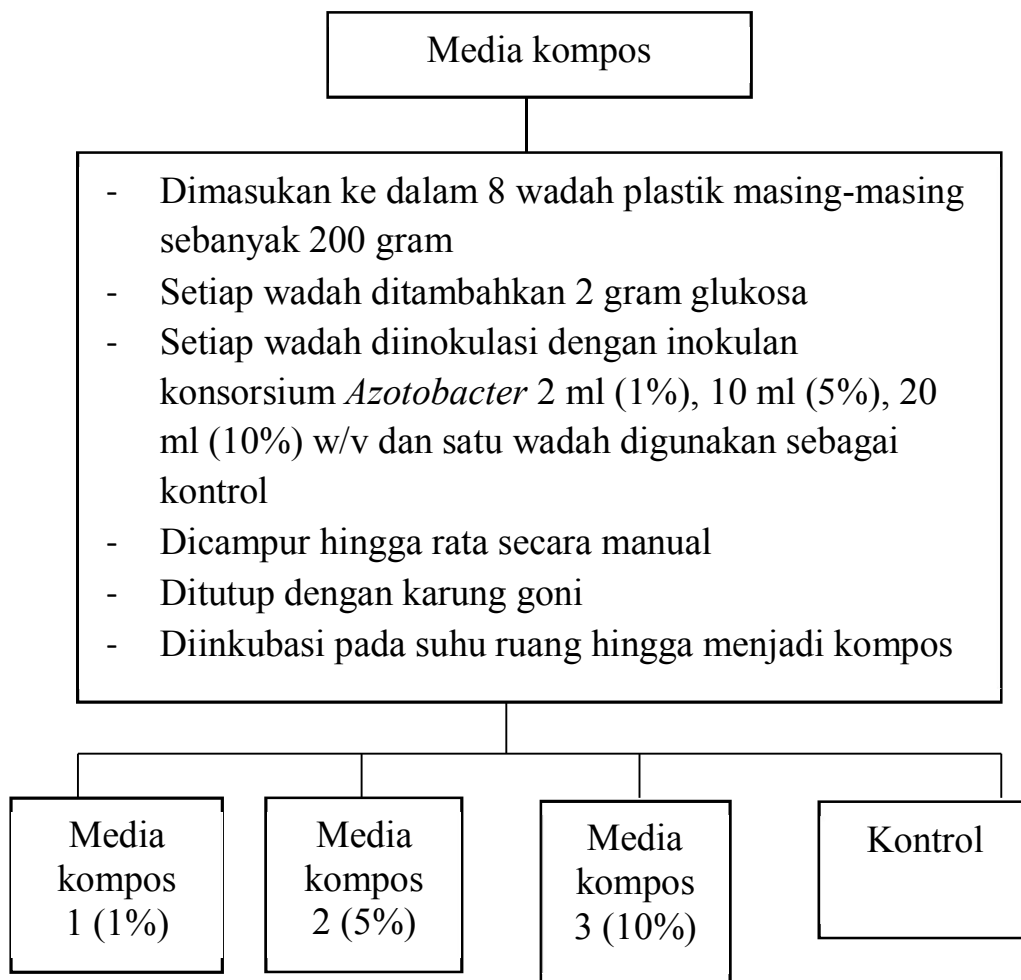
Lampiran 4. Skema Kerja Starter Sebagai Inokulan Kompos



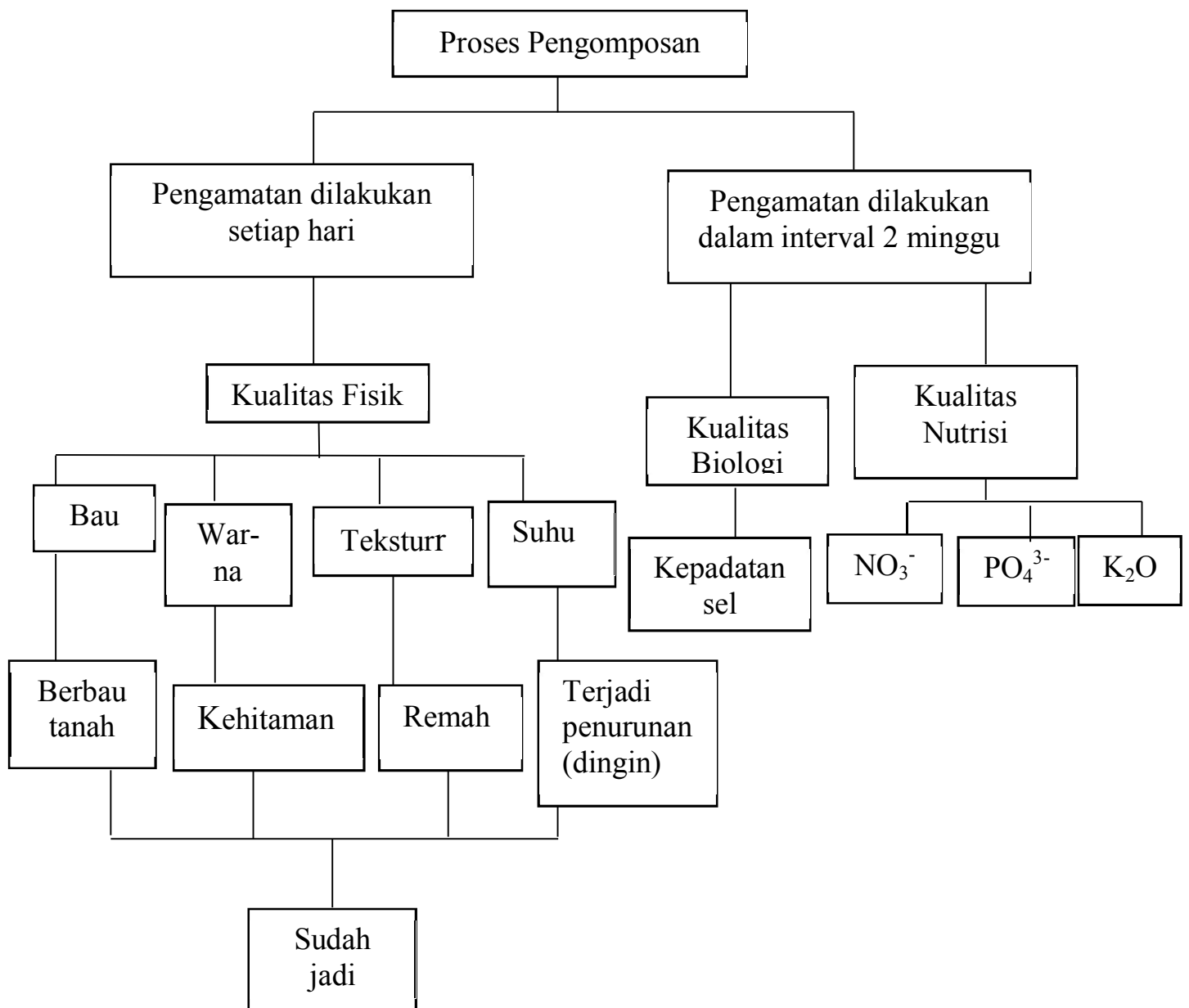
Lampiran 5. Skema Kerja Pembuatan Media Kompos



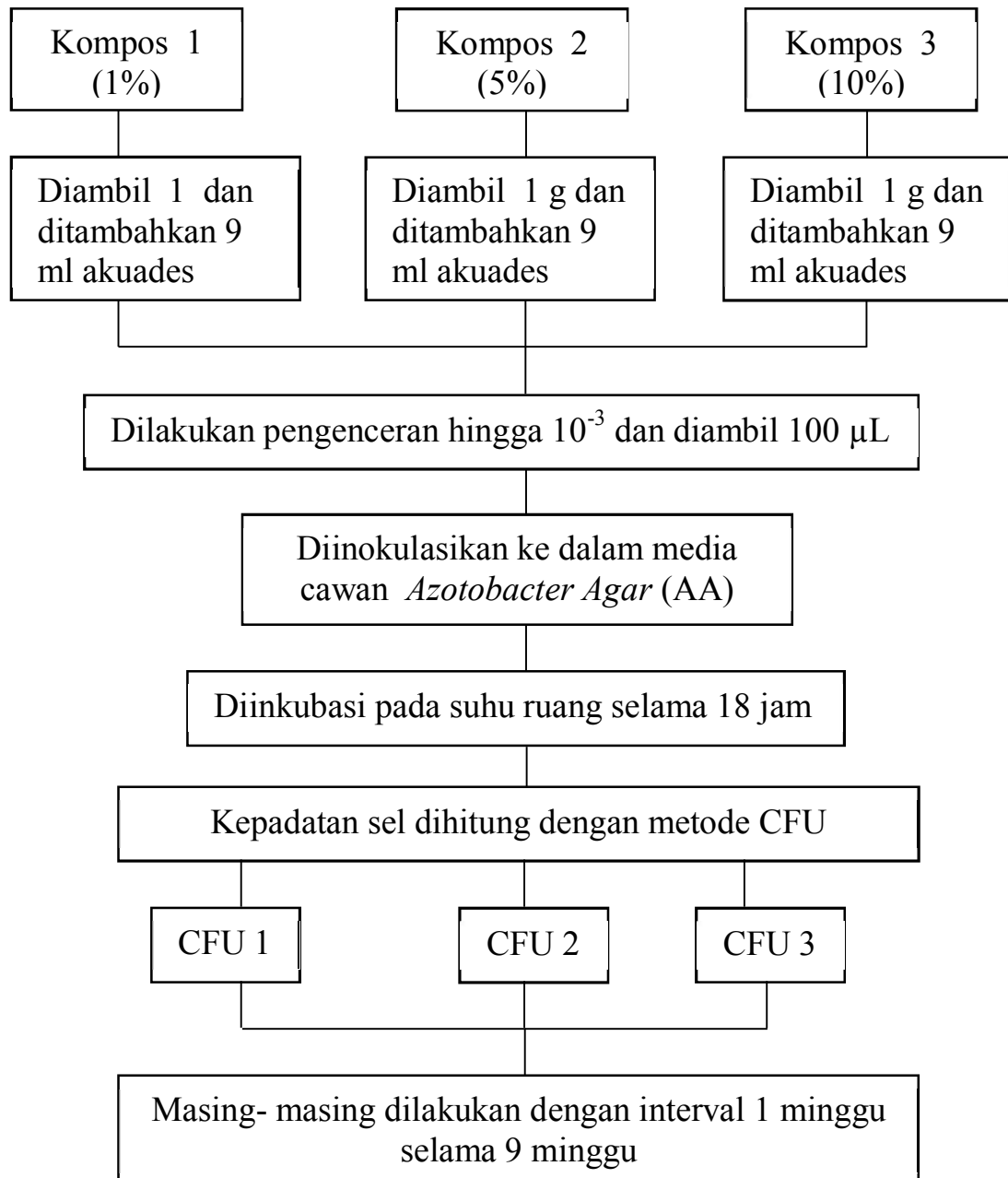
Lampiran 6. Skema Kerja Pencampuran Inokulan Kompos



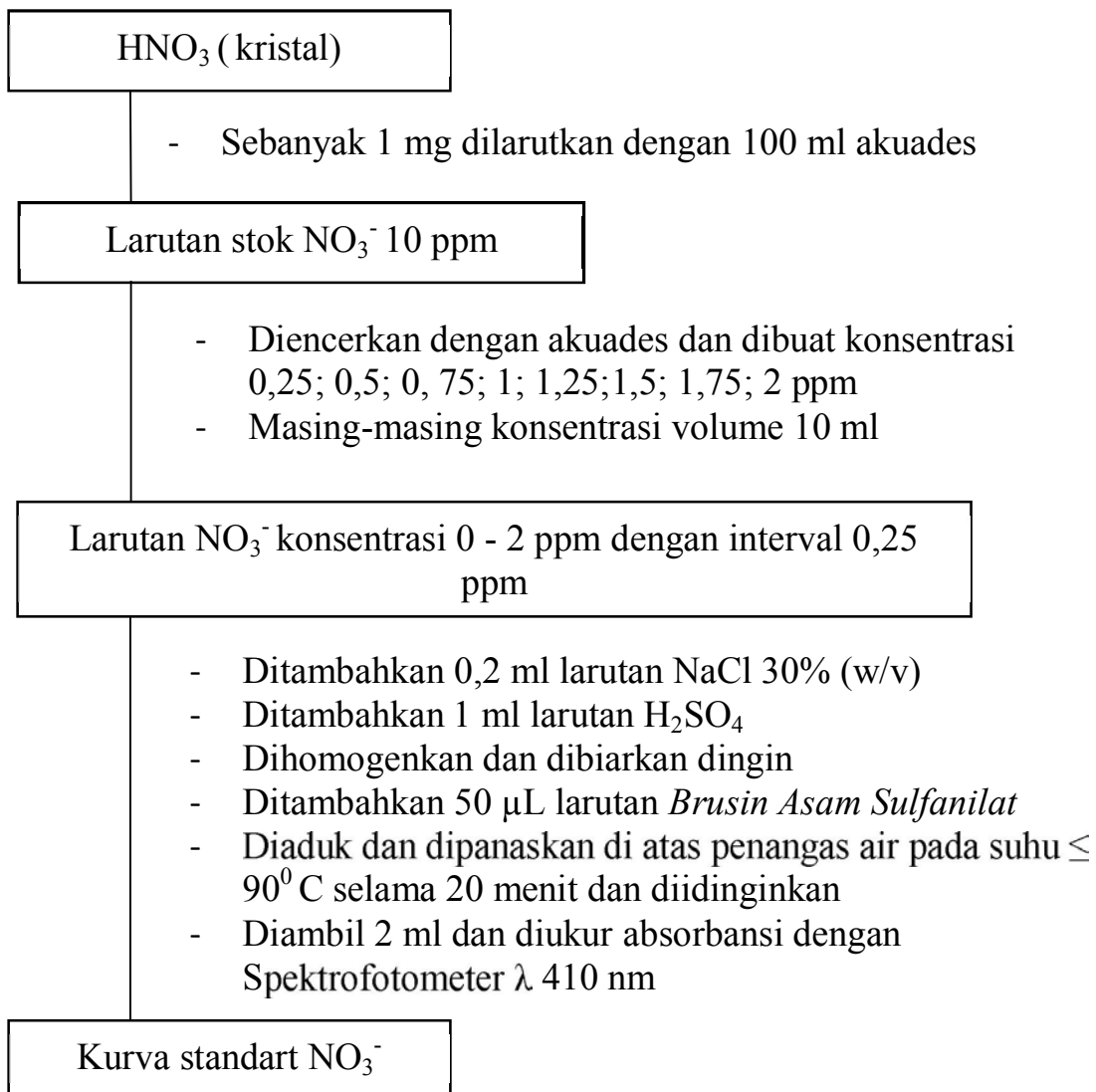
Lampiran 7. Skema Kerja Analisa Maturasi Kompos

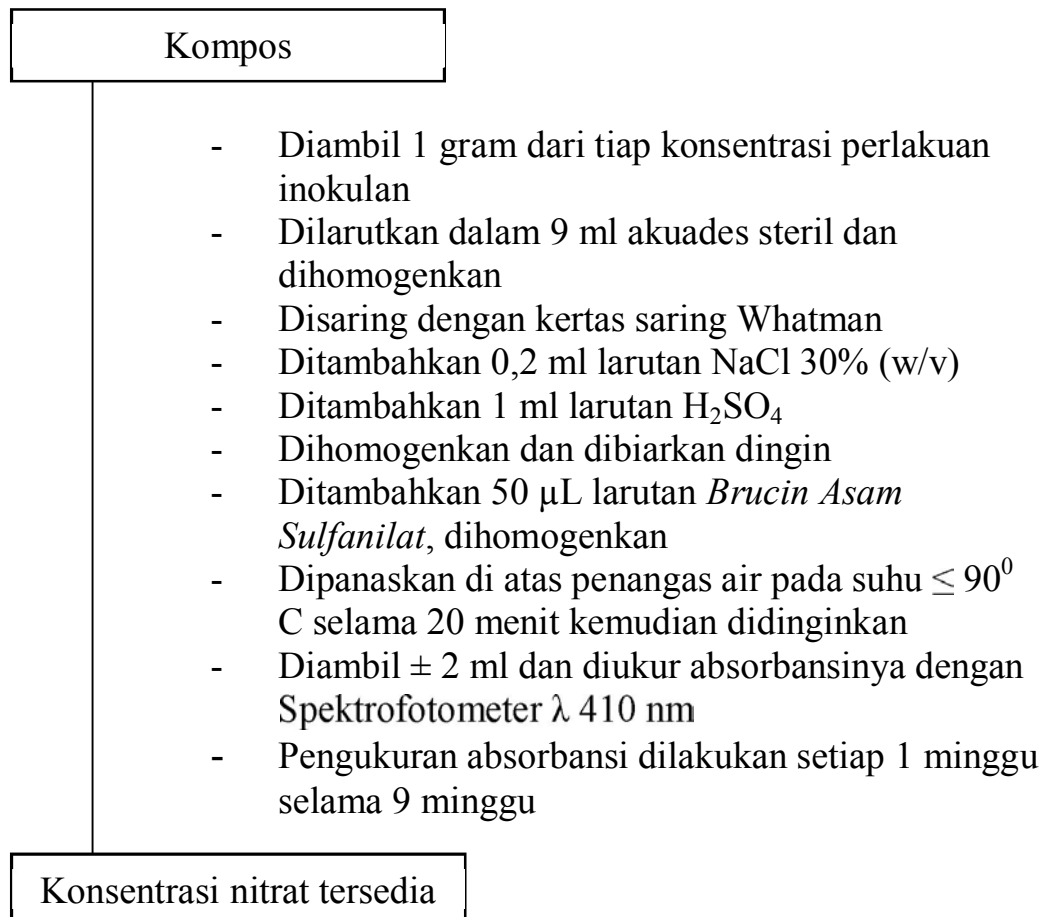


Lampiran 8. Skema Kerja Perhitungan Kepadatan sel

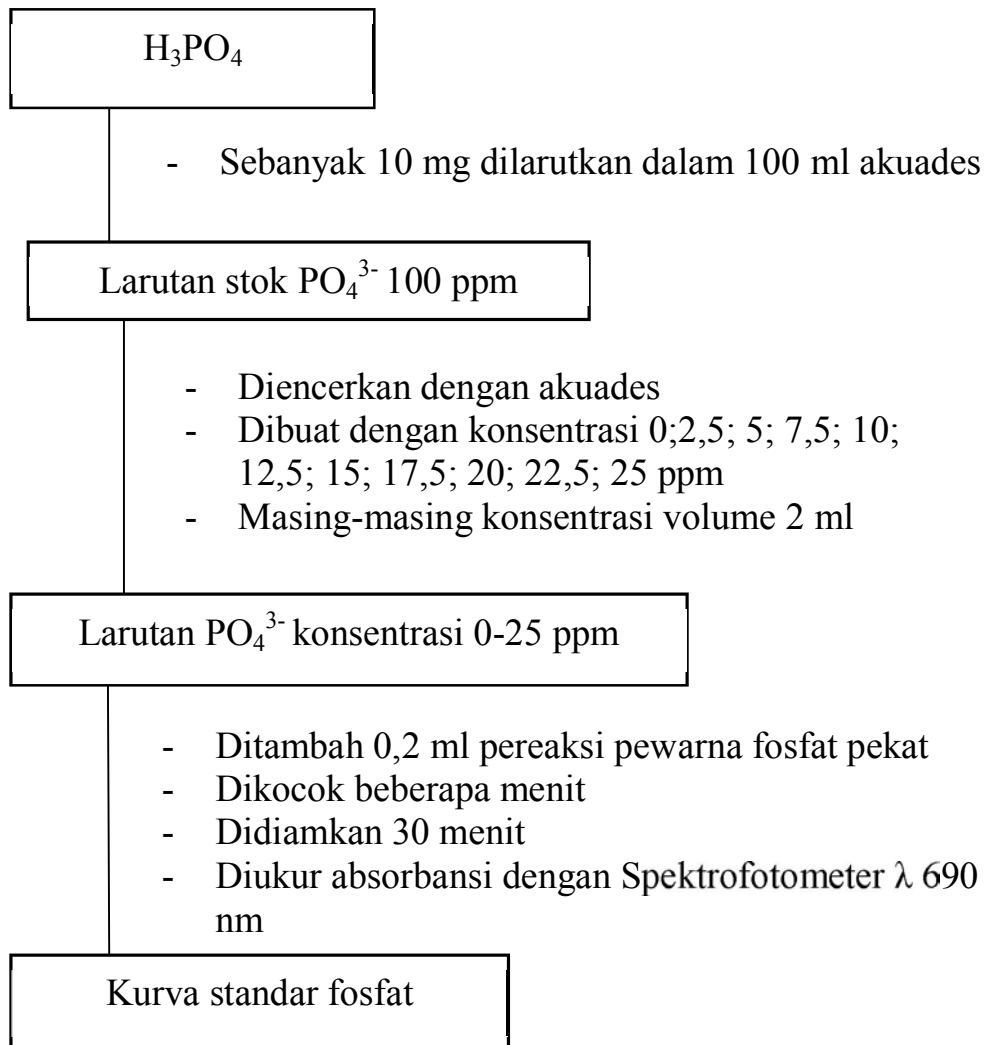


Lampiran 9. Skema Kerja Perhitungan Nitrat
Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

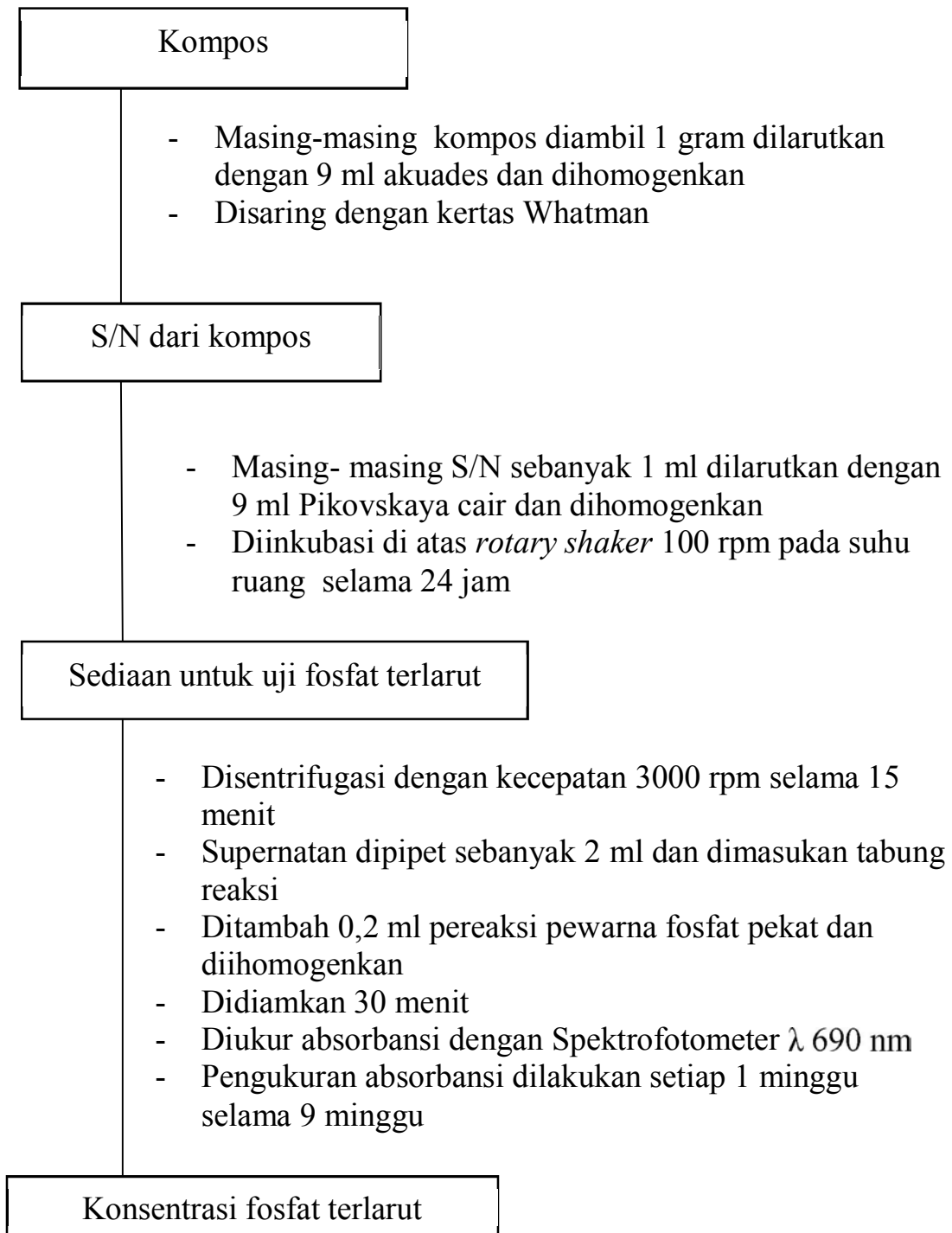


Perhitungan Nitrat Tersedia

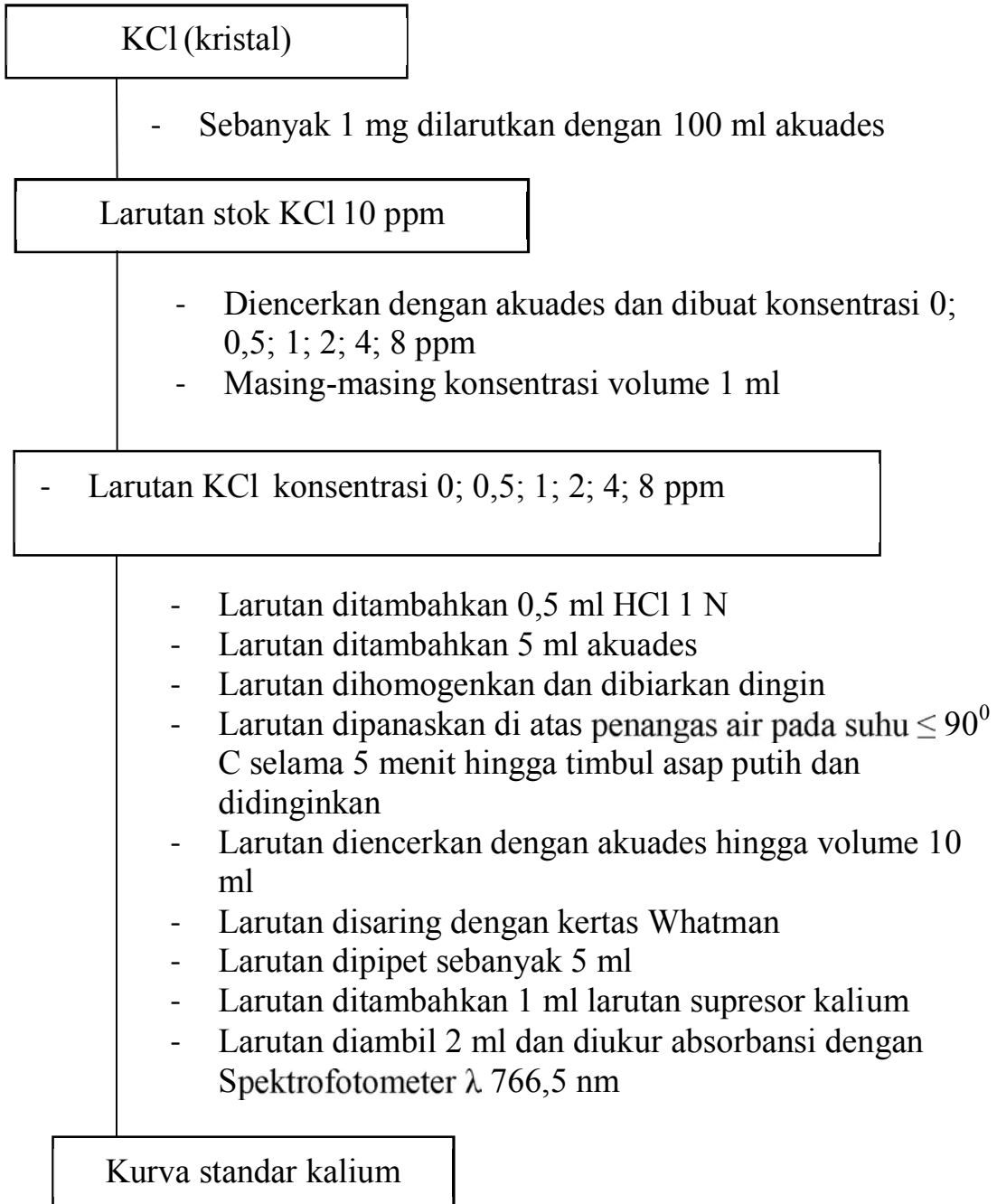
Lampiran 10. Skema Kerja Perhitungan Fosfat Terlarut
Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

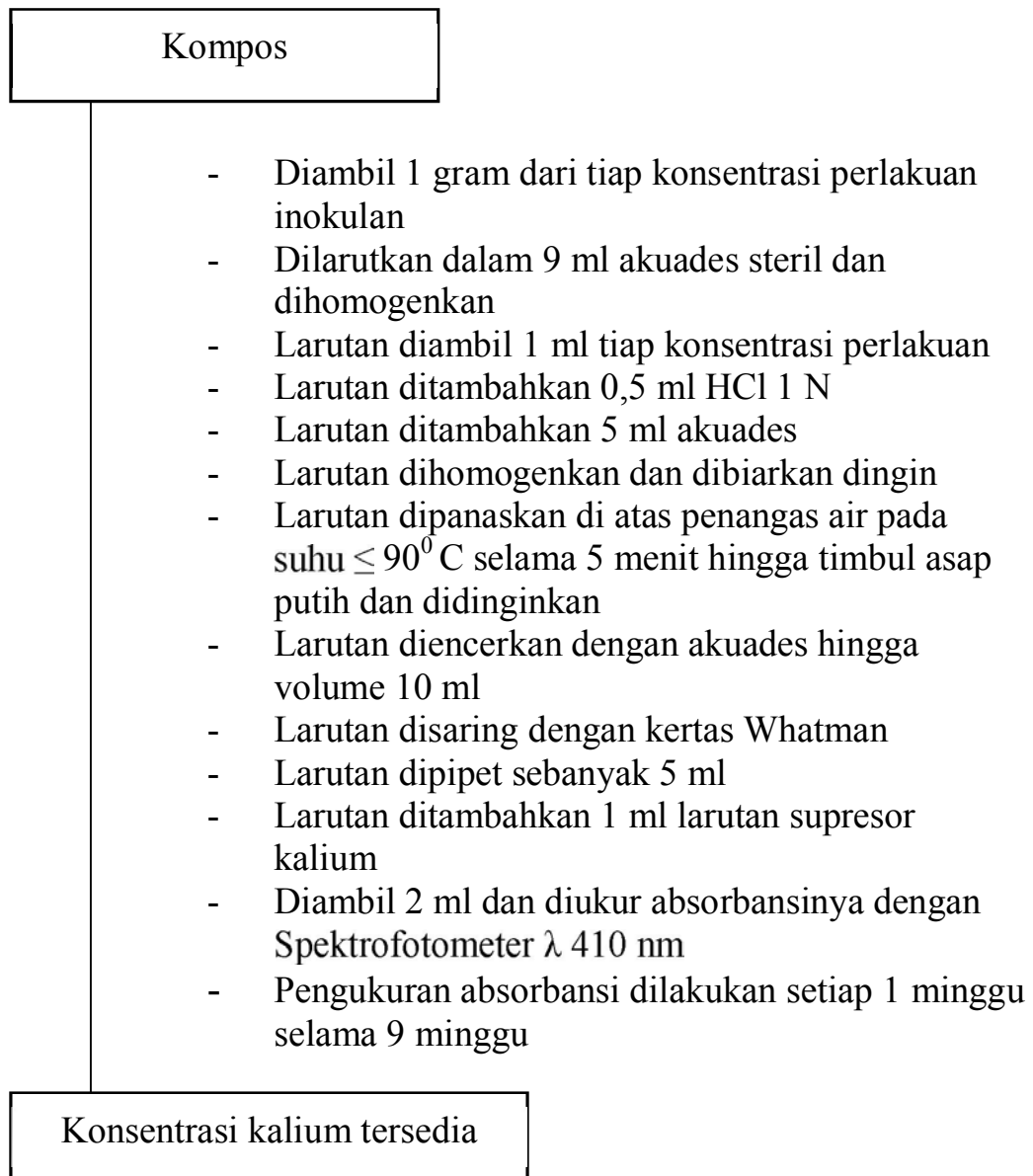


Perhitungan Fosfat Terlarut



Lampiran 11. Skema Kerja Perhitungan Kalium
Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar



Perhitungan Konsentrasi Kalium

Lampiran 12. Nilai Absorbansi Kurva Pertumbuhan Isolat *Azotobacter* dan Konsorsium

Tabel Nilai Absorbansi

Jam ke-	A1b	A3	A6	A9	A10	Konsorsium
0	0,167	0,169	0,164	0,168	0,182	0,181
2	0,495	0,498	0,500	0,492	0,484	0,491
4	0,588	0,577	0,625	0,615	0,617	0,626
6	0,642	0,620	0,669	0,662	0,680	0,885
8	0,645	0,652	0,636	0,643	0,654	0,853
10	0,541	0,584	0,547	0,576	0,578	0,772
12	0,629	0,654	0,665	0,672	0,653	0,837
14	0,401	0,405	0,415	0,416	0,409	0,584
16	0,404	0,398	0,421	0,407	0,414	0,578
18	0,390	0,404	0,397	0,408	0,386	0,563
20	0,382	0,384	0,379	0,389	0,398	0,525
22	0,353	0,383	0,384	0,404	0,363	0,522
24	0,362	0,371	0,377	0,391	0,377	0,520

Lampiran 13. Nilai Absorbansi Larutan Standar HNO_3^-

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,25	0,040
0,5	0,079
0,75	0,121
1	0,152
1,25	0,186
1,5	0,207
1,75	0,239
2	0,266

Lampiran 14. Nilai Absorbansi Larutan Standar $\text{H}_3(\text{PO}_4)$

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
2,5	0,040
5	0,075
7,5	0,080
10	0,141
12,5	0,187
15	0,206
17,5	0,226
20	0,280
22,5	0,311
25	0,362

Lampiran 15. Nilai Absorbansi Larutan Standar K_2O

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,5	0,010
1	0,018
2	0,027
4	0,045
8	0,098


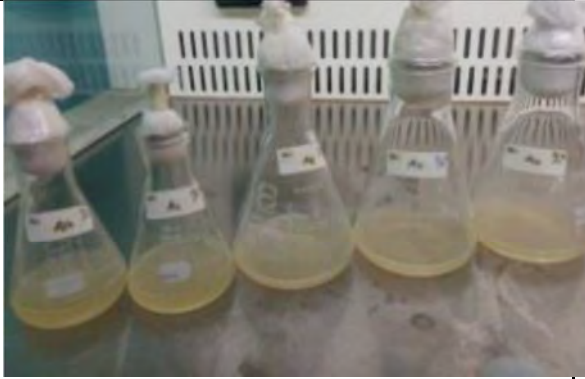



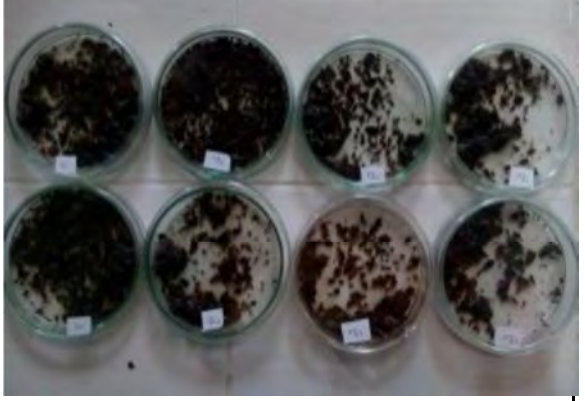
Lampiran 16. Hasil Pengukuran Konsentrasi Nitrat (NO_3^-), Fosfat (PO_4^{3-}), Kalium (K_2O) dan Kepadatan Sel pada Kompos



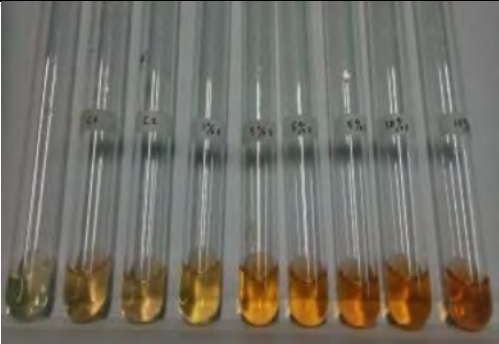
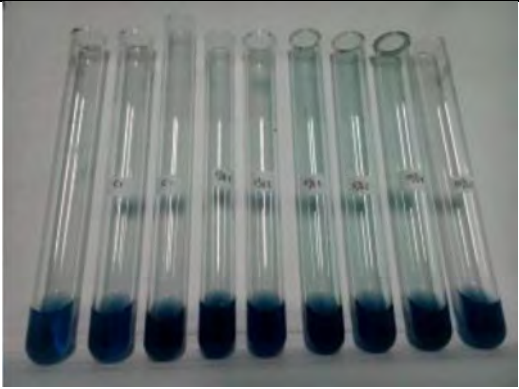
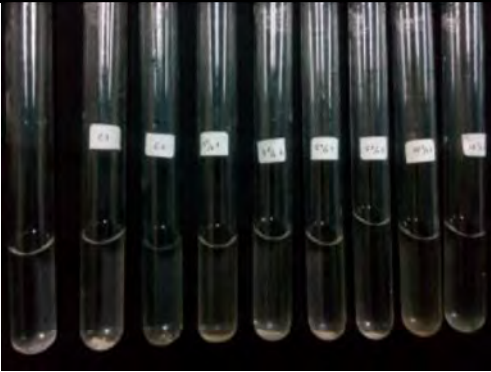
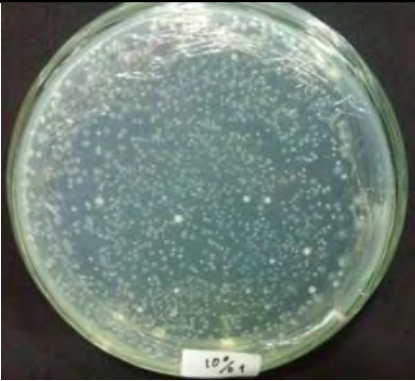
Minggu ke-	Nitrat tersedia (%)				Fosfat terlarut (%)				Kalium (%)				Kepadatan Sel (CFU) 10^{-3}			
	K	1%	5%	10%	K	1%	5%	10%	K	1%	5%	10%	K	1%	5%	10%
1	0,30	0,93	0,21	3,94	0,30	0,79	1,75	3,44	0,18	0,73	0,93	1,16	235	>300	>300	>300
2	0,35	1,08	2,40	4,52	0,41	1,05	1,86	4,12	0,19	0,91	1,11	1,20	268	>300	>300	>300
3	0,39	1,21	2,41	5,34	0,46	1,17	1,88	4,33	0,23	0,93	1,13	1,39	233	>300	>300	>300
4	0,21	1,29	2,50	5,84	0,26	1,28	1,95	4,40	0,35	0,99	1,18	1,46	258	>300	>300	>300
5	0,21	1,30	2,69	6,05	0,26	1,34	2,02	4,61	0,30	0,60	0,77	0,99	287	>300	>300	>300
6	0,12	1,19	2,68	5,04	0,24	1,14	1,87	4,37	0,20	0,54	0,72	0,83	156	>300	>300	>300
7	0,12	1,09	2,22	4,67	0,24	0,96	1,74	4,00	0,16	0,52	0,64	0,74	132	>300	>300	>300
8	0,10	0,99	2,18	4,32	0,19	0,96	1,72	3,90	0,08	0,28	0,34	0,52	240	>300	>300	>300
9	0,10	0,96	2,01	4,06	0,19	0,83	1,64	3,63	0,04	0,11	0,30	0,43	212	>300	>300	>300

Lampiran 17. Tabel Standarisasi Kualitas Kompos (SNI 19-7030-2004)

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	-	1,5
	Unsur makro			
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phospor (P_2O_5)	%	0,1	-
13	C/N – ratio		10	20
14	Kalium (K_2O)	%	0,20	-
	Unsur Mikro			
15	Arsen	mg/kg	-	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	-	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	-	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	-	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	-	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	-	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	-	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	-	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	-	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	-	500

Lampiran 18. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian





	
Seresah daun hari ke-0	Pembuatan inokulan kompos
	
Penambahan inokulan	Pengukuran suhu
	
Kompos hari ke-63	Sampel uji











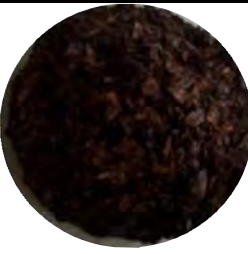
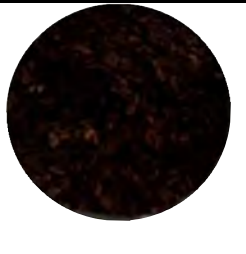








	
Uji konsentrasi fosfat	Proses sentrifugasi
	
Uji konsentrasi nitrat	Uji konsentrasi fosfat
	
Uji konsentrasi kalium	Perhitungan kepadatan sel







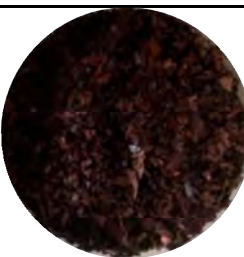









Lampiran 19. Data Pengamatan Suhu Kompos

Hari	Kontrol	1%	5%	10%
H-0	28	28	28	28
H-1	28,5	29	29	29
H-2	28,5	29	30	30
H-3	29	30	30	30
H-4	29	30	31	31
H-5	29,5	30	31	31
H-6	30	30	31	31,5
H-7	30	30	31	31,5
H-14	30	31	31,5	32
H-21	31	31	32	32
H-28	31	32	32	32,5
H-35	31	32	32	33
H-42	30	30	31	32
H-49	30	30	31	31
H-56	29	30	30	30
H-63	28	29	29	29

Lampiran 20. Pengamatan Warna Kompos

Hari ke-	Kontrol	1%	5%	10%
0				

7				
14				
21				
28				
35				

42				
49				
56				
63				

Lampiran 21. Hasil Uji Statistik Nitrat Tersedia

General Linear Model: Konsentrasi Nitrat versus Waktu; Perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
waktu	fixed	4	3; 5; 7; 9
Perlakuan	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Konsentrasi, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
waktu	3	2,8020	2,8020	0,9340	11,32	0,000
Perlakuan	3	105,0256	105,0256	35,0085	424,27	0,000
waktu*Perlakuan	9	2,3336	2,3336	0,2593	3,14	0,022
Error	16	1,3203	1,3203	0,0825		
Total	31	111,4815				

S = 0,287255 R-Sq = 98,82% R-Sq(adj) = 97,71%

Unusual Observations for Konsentrasi

Obs	Konsentrasi	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	5,63000	6,05000	0,20312	-0,42000	-2,07 R
16	6,47000	6,05000	0,20312	0,42000	2,07 R
31	4,57000	4,06000	0,20312	0,51000	2,51 R
32	3,55000	4,06000	0,20312	-0,51000	-2,51 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

waktu	N	Mean	Grouping
5	8	2,6	A
3	8	2,3	A B
7	8	2,0	B C
9	8	1,8	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Perlakuan	N	Mean	Grouping
4	8	5,0	A
3	8	2,3	B
2	8	1,1	C
1	8	0,2	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

waktu	Perlakuan	N	Mean	Grouping
5	4	2	6,0	A
3	4	2	5,3	A B
7	4	2	4,7	B C
9	4	2	4,1	C
5	3	2	2,7	D
3	3	2	2,4	D E
7	3	2	2,2	D E F
9	3	2	2,0	D E F G
5	2	2	1,3	E F G H
3	2	2	1,2	F G H I
7	2	2	1,1	F G H I
9	2	2	1,0	G H I
3	1	2	0,4	H I
5	1	2	0,2	H I
7	1	2	0,1	I
9	1	2	0,1	I

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 22. Hasil Uji Statistik Fosfat Terlarut

General Linear Model: Konsentrasi Fosfat Versus Waktu; Perlakuan

Factor	Type	Levels	values
waktu	fixed	4	3; 5; 7; 9
Perlakuan	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Konsentrasi, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
waktu	3	1,1493	1,1493	0,3831	12,59	0,000
Perlakuan	3	66,3613	66,3613	22,1204	727,05	0,000
waktu*Perlakuan	9	0,4677	0,4677	0,0520	1,71	0,168
Error	16	0,4868	0,4868	0,0304		
Total	31	68,4651				

S = 0,174428 R-Sq = 99,29% R-Sq(adj) = 98,62%

Unusual Observations for Konsentrasi

Obs	Konsentrasi	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
-----	-------------	-----	--------	----------	----------

7	4,63000	4,33500	0,12334	0,29500	2,39	R
8	4,04000	4,33500	0,12334	-0,29500	-2,39	R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

waktu	N	Mean	Grouping
5	8	2,1	A
3	8	2,0	A B
7	8	1,7	B C
9	8	1,6	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Perlakuan	N	Mean	Grouping
4	8	4,1	A
3	8	1,8	B
2	8	1,1	C
1	8	0,3	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

waktu	Perlakuan	N	Mean	Grouping
5	4	2	4,6	A
3	4	2	4,3	A
7	4	2	4,0	A B
9	4	2	3,6	B
5	3	2	2,0	C
3	3	2	1,9	C
7	3	2	1,7	C D
9	3	2	1,6	C D E
5	2	2	1,3	C D E F
3	2	2	1,2	D E F
7	2	2	1,0	E F G
9	2	2	0,8	F G H
3	1	2	0,5	G H
5	1	2	0,3	G H
7	1	2	0,2	H
9	1	2	0,2	H

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 23. Hasil Uji Statistik Kalium Tersedia

General Linear Model: Konsentrasi Kalium Versus Waktu; Perlakuan

Factor	Type	Levels	Values
waktu	fixed	4	3; 5; 7; 9
Perlakuan	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Konsentrasi, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
waktu	3	2,05191	2,05191	0,68397	85,06	0,000
Perlakuan	3	2,17466	2,17466	0,72489	90,15	0,000
waktu*Perlakuan	9	0,40560	0,40560	0,04507	5,60	0,001
Error	16	0,12865	0,12865	0,00804		
Total	31	4,76082				

S = 0,0896695 R-Sq = 97,30% R-Sq(adj) = 94,76%

Unusual Observations for Konsentrasi

Obs	Konsentrasi	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	1,15000	0,99500	0,06341	0,15500	2,44 R
16	0,84000	0,99500	0,06341	-0,15500	-2,44 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

waktu	N	Mean	Grouping
3	8	0,9	A
5	8	0,7	B
7	8	0,5	C
9	8	0,2	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Perlakuan	N	Mean	Grouping
4	8	0,9	A
3	8	0,7	B
2	8	0,5	C
1	8	0,2	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

waktu	Perlakuan	N	Mean	Grouping
3	4	2	1,4	A
3	3	2	1,1	A B
5	4	2	1,0	B C
3	2	2	0,9	B C D
5	3	2	0,8	C D E
7	4	2	0,7	C D E
7	3	2	0,6	C D E F
5	2	2	0,6	D E F
7	2	2	0,5	E F G
9	4	2	0,4	E F G H
9	3	2	0,3	F G H I
5	1	2	0,3	F G H I
3	1	2	0,2	G H I
7	1	2	0,2	H I
9	2	2	0,1	H I
9	1	2	0,0	I

Means that do not share a letter are significantly different.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Konsorsium *Azotobacter* yang terdiri dari isolat A1b, A3, A6, A9 dan A10 dapat digunakan sebagai agen *composting* pada sampah organik. Hasil *composting*-nya mempunyai tekstur remah, warna coklat kehitaman dan berbau tanah.
2. Konsorsium *Azotobacter* dapat menghasilkan nutrisi makro NPK dalam bentuk nitrat tersedia (NO_3^-), fosfat terlarut (PO_4^{3-}) dan kalium tersedia (K_2O) dengan konsentrasi tertinggi didapatkan pada penambahan konsorsium *Azotobacter* 10% yaitu sebesar 6,0 % untuk nitrat tersedia; 4,6 % untuk fosfat terlarut dan 1,3 % untuk kalium tersedia.

5.2 Saran

Untuk melihat apakah produk kompos dengan agen biofertilizer konsorsium *Azotobacter* dapat digunakan untuk pupuk hayati perlu diuji pada skala lapangan terkendali dalam budidaya tanaman.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA.

- Adds, J., Larkcom, E., Miller, R., and Sutton, R. 2001. **Tools Techniques and Assessment in Biology**. Cheltenham, U.K: Nelson Thomas Ltd.
- Brenner, D. J., Krieg, N.R. and Staley, J.T. 2005. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition, Volume Two the Proteobacteria**. USA: Springer.
- Christie, P. 2006. Decomposition of Silicate Minerals by *Bacillus Mucilaginous* In Liquid Cultures. **Environ Geochem and Health Journal** Vol 28: 133-140.
- Dachlan, A., Zakaria, B., Pairunan, A.K. dan Syam'un, E. 2012. Inokulasi *Azotobacter* sp. dan Kompos Limbah Pertanian Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi Sawah. **Jurnal Agrivigor** 11 (2): 117-128.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2010. **Diktat Kuliah Teknik Lingkungan Pengelolaan Sampah**. Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Dewi, Y. S. Dan Treesnowati. 2012. Pengolahan Sampah Skala Rumah Tangga Menggunakan Metode Komposting. **Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S** Vol.8 No.2. Universitas Satya Negara Indonesia.
- Djuarnani., Nan Ir, Kristian., dan Setiawan, B.S. 2005. **Cara Cepat Membuat Kompos**. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Elfiati, D. 2005. Peranan Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman. **e-USU Repository**. Medan: Jurusan Kehutananan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

Firdausi, W. dan Zulaika, E. 2015. Potensi *Azotobacter* spp. Sebagai Pendegradasi Lipid dan Protein. **Bioeksperimen**, Vol. 1 (2): 18-21.

Gomare, K.S., M. Mese, dan Y. Shetkar. 2013. Isolation of *Azotobacter* and Cost Effective Production of Biofertilizer. **Biotechnology**. 3: 54-56.

Habibi, L. 2009. **Pembuatan Pupuk Kompos dari Limbah Rumah Tangga**. Bandung: Penerbit Titian Ilmu.

Harinaldi. 2005. **Prinsip – Prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains**. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Harley, J.P. and Prescott, L.M. 2002. **Laboratory Exercise in Microbiology Fifth Edition**. USA: The McGraw-Hill Companies.

Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P., Staley, J.T., and Williams, S.T. 1994. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition**. USA: William and Walkins Pub.

Islamiati, A. dan Zulaika, E. 2015. Potensi *Azotobacter* Sebagai Pelarut Fosfat. **Jurnal Sains POMITS**. Vol. 2, No.1 ISSN: 2337-3520

Isroi. 2008. **Kompos**. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.

Khotimah, K. dan Zulaika, E. 2014. *Azotobacter* Sebagai Bioakumulator Merkuri. **Jurnal Sains POMITS**. Vol. 3, No. 2. ISSN: 2337-3539

Madigan, M.T., Martinko, J., Stahl, D.A., and Clark, D.P. 2012. **Brock Biology of Microorganism Thirteen Edition**. San Francisco USA: Pearson Education.

Makarim, A.K., dan E. Suhartatik. 2006. Budidaya Padi dengan Masukan *in situ* Menuju Perpadian Masa Depan. **Bulletin Iptek Tanaman Pangan IT01** (1): 19-29.

Masniawati., Musdalifah dan Fahrudin. 2013. Pertumbuhan Populasi Bakteri Pada Dekomposisi Daun Ki Hujan *Samanea saman*. **Jurnal Hutan dan Masyarakat**, Vol. 8 No. 2 : 81-88

Nethravathi, C., dan Brahmaprakash, G. 2005. Alginate based composite biofertilizer of Bradyrhizobium japonicum and Bacillus megaterium for soybean (*Glycine max* (L) Merrill). **Journal of Soil Biology and Ecology**, 1-13.

Palacious, R. 2005. **Genomes and Genomics of Nitrogen-Fixing Organisms**. Dordrecht Netherlands: Springer.

Prasidya, D. A., dan Zulaika, E. 2015. Viabilitas *Azotobacter* A1a, A3, dan A9 pada Medium yang Terpapar Cadmium (Cd). **Jurnal Sains POMITS**. Vol. 2, No. 1: 2337-3520

Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R.D.M. 2007. **Metode Analisis Biologi Tanah**. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembanagan Sumberdaya Lahan Pertanian.

Sateesh, G. and Sivasakthivelan, P. 2013. Studies On The Influence Of Bioinoculant Consortium On Chillies And Its Effects On Soil Health Management. **International Journal of ChemTech Research**. Vol. 5, No.3, pp 1326-1328.

Setyorini, Diah., Rasti, S., dan Ea Kosman, A. 2006. Kompos, Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. **Jurnal Balai Besar Litbang Sumber Daya Pertanian**, 11-40.

Siboro E. S., Surya, E., Herlina, N. 2013. Pembuatan Pupuk Cair dan Biogas dari Campuran Limbah Sayuran. **Jurnal Teknik Kimia USU**. Vol. 2, No. 3: 40-43.

Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D., dan Hartatik, W. 2006. **Pupuk Organik dan Pupuk Hayati**. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.

SNI 06-2480-1991. **Metode Pengujian Kadar Nitrat Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat**.

SNI 19-7030-2004. **Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik**.

SNI-2803-2010. **Pupuk NPK Padat**.

Sriharti dan Salim, T. 2008. Pemanfaatan Limbah Pisang Untuk Pembuatan Pupuk Kompos Menggunakan Kompos Rotary Drum. **Prosiding Seminar Nasional Bidang Teknik Kimia dan Tekstil**. Yogyakarta

Sriharti dan Salim, T. 2010. Pemanfaatan Sampah Taman (Rumput-rumputan) Untuk Pembuatan Kompos. **Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”**. Yogyakarta. ISSN 1693 – 4393.

Standar Nasional Indonesia. 2004. **Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik**. SNI 19-7030-2004. Badan Standar Nasional Indonesia. Jakarta.

Syafrudin dan Zaman, Badrus. 2007. Pengomposan Limbah Teh Hitam dengan Penambahan Kotoran Kambing Pada Variasi yang Berbeda dengan Menggunakan Starter EM4 (*Efective Microorganism-4*). **TEKNIK**. Vol. 28, No. 2: ISSN 0852-1697

Yuli A.H., H. Ellin dan T.M. Eulis. 2008. **Analisis Kandungan N, P dan K Pada Lumpur Hasil Ikutan Gasbio (Sludge) Yang Terbuat Dari Feses Sapi Perah**. Semnas Puslitbangnak Bogor.

Yuli A.H., H. Ellin, dan T.M Eulis. 2010. Pengaruh Imbangan Feses Sapi Potong dan Sampah Organik pada Proses Pengomposan terhadap Kualitas Kompos. **Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains** Vol 12.

Wardhani, S.; Purwani, K. I.; dan Anugerahani, W. 2014. Pengaruh Aplikasi Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Varietas Bhaskara di PT Petrokimia Gresik. **Jurnal Sains dan Seni Pomits**. Vol. 2 (1).

Yuliana, N. 2008. Kinematika pertumbuhan bakteri asam laktat Isolat T5 yang berasal dari Tempoyak. **Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian**. 13: 2.

Yuwono, D. 2005. **Kompos**. Jakarta: Penebar Swadaya.

Zulaika, E., Shovitri, M., and Kuswitasary, N.D. 2014. Numerical Taxonomy for Detecting the Azotobacterial Diversity. **The 8th Korean-Asean Joint Symposium on Biomass Utilization and Renewable Energy**.

BIODATA PENULIS



Rosidah Kumalasari: lahir di Lamongan, 10 Mei 1994. Merupakan anak kelima dari lima bersaudara. Penulis memulai pendidikan sekolah dasarnya di SDN Cungkup. Setelah lulus, ia melanjutkan pendidikannya di SMPN 1 Pucuk, dan SMA di SMAN 1 Sekaran Lamongan. Mulai dari sini terlihat ketertarikannya di bidang ilmu alam, dan para guru memberinya kesempatan untuk mengikuti olimpiade Fisika tingkat Kabupaten.

Penulis juga aktif di kegiatan ekstrakurikuler sekolah khususnya OSIS dan KIR (Karya Ilmiah Remaja). Saat SMA, Penulis sempat menjadi juara 1 Olimpiade Agama tingkat Kabupaten dan Juara Harapan 1 Lomba Pidato Bahasa Inggris Tingkat Kabupaten.

Saat di ITS pun Penulis juga aktif di Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) ITS sebagai staff Badan Internal, kemudian di Himpunan Mahasiswa Biologi ITS (HIMABITS) sebagai Sekretaris dan Bendahara Departemen Sosial Kemasyarakatan. Pelatihan yang pernah diikuti Penulis diantaranya adalah Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) Pra-TD, LKMM TD serta Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI).

Ketertarikannya di bidang mikrobiologi mendorongnya bergabung bersama Tim Riset Bioremediasi dan Biodegradasi bersama enam rekan seangkatannya di bawah bimbingan Dr. Enny Zulaika, M.P.